

# **Proposta de Análise Empírica da Instabilidade Potencial do Relevo em Estudos Integrados**

Fernando Mieis Caus

Dissertação de Mestrado em Geografia

**Mestrado em Geografia**

**Universidade Federal do Espírito Santo**

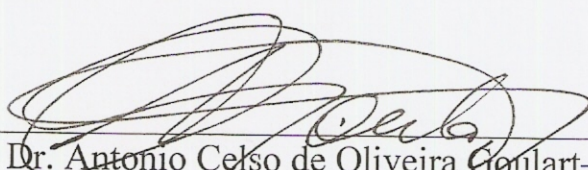
Vitória, Junho de 2010

# **“PROPOSTA DE ANÁLISE EMPÍRICA DA INSTABILIDADE POTENCIAL DO RELEVO EM ESTUDOS INTEGRADOS”**

**Fernando Mieis Caus**

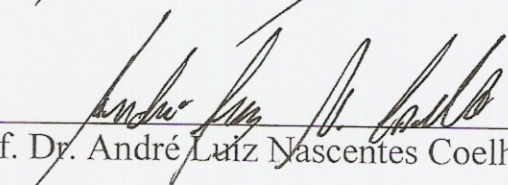
Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

Aprovada em 11 de Junho de 2010 por:



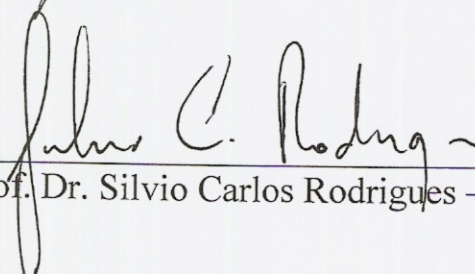
---

Prof. Dr. Antonio Celso de Oliveira Goulart – Orientador -UFES



---

Prof. Dr. André Luiz Nascentes Coelho - UFES



---

Prof. Dr. Silvio Carlos Rodrigues – UFU

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)  
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

---

C374p Caus, Fernando Mieis, 1978-  
Proposta de análise empírica da instabilidade potencial do relevo em estudos integrados / Fernando Mieis Caus. – 2010.  
290 f. : il.

Orientador: Antônio Celso de Oliveira Goulart.  
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Humanas e Naturais.

1. Geomorfologia. 2. Solo - Uso. 3. Sistemas de informação geográfica. 4. Relevo (Geografia). 5. Taludes (Geografia física). 6. Cartografia. I. Goulart, Antônio Celso de Oliveira. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Humanas e Naturais. III. Título.

CDU: 91

---

## **DEDICATÓRIAS E AGRADECIMENTOS**

Primeiramente ao Criador pelo dom da vida e por me ter possibilitado percorrer este longo caminho acadêmico. A toda minha família e em especial na pessoa minha mãe Marília Mieis Caus e de Gissely Keila Potratz pelo total apoio, companheirismo, paciência e compreensão nos momentos de ansiedade, dificuldades e desânimos vivenciados no decorrer toda minha graduação e pós-graduação.

Ao Professor Dr.<sup>o</sup> Antônio Celso de Oliveira Goulart pela devida atenção e ótima orientação dispensadas a minha pessoa nos últimos dois anos.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento e apoio dado ao presente estudo.

A todos os meus colegas de academia, em especial aos Geógrafos Maris-Anandréia dos Santos e Thalismar Matias Gonçalves pela presteza e amizade durante deste longo período de formação.

Agradeço a todos os professores e funcionários do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Espírito Santo, e em especial aos do Programa de Pós-Graduação em Geografia, nas pessoas dos professores Dr.<sup>a</sup> Aurélia H. Castiglioni, Dr.<sup>a</sup> Cláudia Câmara do Valle, Dr.<sup>o</sup> André Luiz Nascentes Coelho, Dr.<sup>a</sup> Gisele Girardi, Dr.<sup>o</sup> Alexandre Rosa dos Santos, e também, a funcionária Sr.<sup>a</sup> Izadora Ramos por sua presteza e simpatia frente a secretária do PPGG.

Aos funcionários e estagiários do setor de geoprocessamento da SEMAM/PMV e da Subsecretaria de Tecnologia da Informação da Prefeitura Municipal de Vitória, pela cessão da base cartográfica dentre outros materiais necessários para o desenvolvimento deste estudo.



|          | <b>SUMÁRIO</b>  | <b>Pág.</b> |
|----------|---|-------------|
| <b>1</b> | <b>CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....</b>  | <b>19</b>   |
| <b>2</b> | <b>OBJETIVOS.....</b>   | <b>21</b>   |
| 2.1      | OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....  | 21          |
| <b>3</b> | <b>A ÁREA DE ESTUDO.....</b>  | <b>23</b>   |
| 3.1      | CARACTERIZAÇÃO GERAL.....   | 26          |
| 3.2      | SUBUNIDADES TOPOMORFOLÓGICAS.....   | 31          |
| <b>4</b> | <b>JUSTIFICATIVAS.....</b>  | <b>34</b>   |
| <b>5</b> | <b>A NATUREZA DOS PROBLEMAS.....</b>  | <b>37</b>   |
| 5.1      | O SENTIDO DOS PROBLEMAS.....  | 39          |
| 5.2      | A COMPLEXIDADE DA QUESTÃO DA OCUPAÇÃO RECENTE DAS<br>ENCOSTAS DE VITÓRIA.....                       | 42          |
| <b>6</b> | <b>O CORPO DAS HIPÓTESES.....</b>   | <b>48</b>   |
| <b>7</b> | <b>METODOLOGIAS E MÉTODOS EMPREGADOS.....</b>   | <b>50</b>   |
| 7.1      | METODOLOGIAS E ASPECTOS AMBIENTAIS UTILIZADOS NO<br>MODELO.....                                     | 54          |
| 7.1.1    | <i>Os Três Níveis de Abordagem para o Estudo do Relevo.....</i>                                     | 57          |
| 7.1.2    | <i>A Taxonomia dos Fatos de Relevo Local.....</i>   | 63          |
| 7.1.3    | <i>Fatores Ambientais Empregados no Relevo.....</i>   | 68          |
| <b>8</b> | <b>REFLEXÕES TEÓRICO-EMPÍRICAS SOBRE OS<br/>FATORES/ASPECTOS AMBIENTAIS CONTIDOS NO MODELO.....</b> | <b>71</b>   |
| 8.1      | CLINOMETRIA.....  | 71          |
| 8.2      | MATERIAIS SUPERFICIAIS.....   | 84          |
| 8.3      | USO E OCUPAÇÃO DO SOLO.....   | 104         |
| 8.4      | MORFOLOGIA DE VERTENTES.....  | 142         |
| 8.5      | DENSIDADE DE DRENAGEM PLUVIAL.....  | 158         |
| 8.6      | COMPRIMENTO MÉDIO DAS ENCOSTAS.....   | 165         |
| 8.7      | PROCESSOS MORFODINÂMICOS E DEPÓSITOS CORRELATIVOS..   | 167         |
| <b>9</b> | <b>DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DOS MÉTODOS DO<br/>MODELO.....</b>                                   | <b>173</b>  |
| 9.1      | LEVANTAMENTO DOS DADOS E PREPARAÇÃO DOS PLANOS DE<br>INFORMAÇÃO.....                                | 178         |
| 9.2      | PROCESSO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA (AHP).....  | 183         |

|           |  |            |
|-----------|--|------------|
| 9.3       | PROCEDIMENTOS MATEMÁTICO-ESTATÍSTICOS DO MÉTODO AHP.....   | 187        |
| 9.4       | EXTRAÇÃO DOS PESOS DO MODELO.....  | 193        |
| 9.5       | DETERMINAÇÃO DO GRAU DE IMPORTÂNCIA DAS CLASSES TEMÁTICAS.....   | 202        |
| 9.6       | APLICAÇÃO DOS PESOS DO MODELO E EXTRAÇÃO DAS CLASSES DE INSTABILIDADE POTENCIAL.....                       | 205        |
| <b>10</b> | <b>AVALIAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....</b>   | <b>208</b> |
| 10.1      | SUBUNIDADE TOPOMORFOLÓGICA PEDRA DOS OLHOS.....  | 209        |
| 10.2      | SUBUNIDADE TOPOMORFOLÓGICA MORRO DO MACACO.....  | 229        |
| 10.3      | SUBUNIDADE TOPOMORFOLÓGICA JOANA D'ARC-MULEMBÁ.....  | 248        |
| <b>11</b> | <b>ALGUMAS CONTRIBUIÇÕES DA CIPRE PARA O PLANEJAMENTO FÍSICO-TERRITORIAL URBANO DA ÁREA DE ESTUDO.....</b> | <b>267</b> |
| <b>12</b> | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>   | <b>280</b> |
| <b>13</b> | <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>   | <b>283</b> |
|           | <b>ANEXO I.....</b>  | <b>289</b> |

## LISTA DE TABELAS

Pág.

|               |  |     |
|---------------|--|-----|
| Tabela 5.2-1: | População Residente no Município de Vitória entre os Anos de 1940 e 2008.....  | 44  |
| Tabela 5.2-2: | Número de Habitações e de População Residente em Áreas de Risco no Município de Vitória.....                                   | 45  |
| Tabela 8.1-1: | Intervalos Clinográficos Condizentes ao Estudo das Categorias de Comportamento Morfodinâmico dos Meios.....                    | 77  |
| Tabela 8.1-2: | Intervalos Clinométricos Adotados para a Elaboração da Carta Clinográfica.....   | 82  |
| Tabela 8.5-1: | Densidades de Drenagem Pluvial e Suas Respectivas Classes.   | 163 |
| Tabela 8.6-1: | Valores dos Comprimentos Médios para as Subunidades Topomorfológicas.....  | 167 |
| Tabela 9.4-1: | Matriz de Comparação Pareada dos Valores de Importância Mútua entre Temas/Fatores do Modelo.....                               | 196 |
| Tabela 9.4-2: | Determinação de Pesos Estatísticos do Modelo.....  | 198 |
| Tabela 9.4-3: | Valores de RI (Índice Randômico) para Matrizes Quadradas de Ordem n, Segundo o Laboratório Nacional de <i>Oak Ridge</i> , EUA. | 199 |
| Tabela 9.4-4: | Determinação dos Valores de Aw.....  | 200 |
| Tabela 9.5-1: | Determinação da Importância/Nota de Cada Classe para o Modelo.....   | 203 |

## LISTA DE QUADROS

Pág.

|                 |   |     |
|-----------------|---|-----|
| Quadro 7.1.2-1: | Síntese Representativa das Ordens Taxonômicas do Relevo de Interesse Para a Área de Estudo.....         | 66  |
| Quadro 7.1.2-2: | Parâmetros Utilizados para Diferenciar as Formas Apresentadas pelo Relevo.....                          | 67  |
| Quadro 8.1-1:   | Aspectos Condizentes a Inclinação do Terreno Tratado pelas Legislações Vigentes.....                    | 80  |
| Quadro 8.3-1:   | Características de Classificação dos Estágios de Regeneração da Vegetação Nativa da Mata Atlântica..... | 108 |
| Quadro 8.3-2:   | Atuação da Cobertura Vegetal para a Estabilização das Encostas.....                                     | 114 |
| Quadro 8.4-1:   | Feições Mínimas das Vertentes e Domínios Hidrodinâmicos.....  | 153 |
| Quadro 9-1:     | Sistematização dos Níveis de Tratamento da Pesquisa e Procedimentos a Serem Executados.....             | 175 |
| Quadro 9.2-1:   | Escala Fundamental de Saaty.....  | 185 |
| Quadro 9.4-1:   | Escala AHP de Comparação Par a Par.....   | 194 |
| Quadro 9.5-1:   | Determinação do Grau de Importância/Nota de Cada Classe para o Modelo.....                              | 203 |

## LISTA DE FIGURAS

|   | Pág |
|---|-----|
| Figura 3-1: Carta de Localização da Área de Estudo.....   | 25  |
| Figura 3.1-1: Perspectiva geral da Pedra dos Olhos localizada no limite<br>ocidental do bairro Tabuazeiro.....          | 27  |
| Figura 3.1-2: Diversidade de tipologias de vegetação nativa na área de<br>estudo.....                                   | 29  |
| Figura 3.1-3: Perspectiva geral das tipologias de uso e ocupação do solo<br>comuns na área de estudo.....               | 30  |
| Figura 3.2-1: Carta de Subunidades Topomorfológicas.....  | 32  |
| Figura 7.1-1: Filogênese da Teoria Geomorfológica.....  | 56  |
| Figura 7.1.2-1: Representação esquemática das unidades taxonômicas do<br>relevo.....                                    | 65  |
| Figura 8.1-1: Ação das forças de gravidade em encostas com declives<br>(clinometrias) diferentes.....                   | 73  |
| Figura 8.1-2: Ação da declividade sobre a hidrologia de superfície.....   | 76  |
| Figura 8.1-3: Carta Clinográfica.....   | 83  |
| Figura 8.2-1: Diagrama esquemático de um sistema de diáclases e fraturas<br>em um bloco rochoso.....                    | 88  |
| Figura 8.2-2: Estrutura superficial das vertentes íngremes das regiões<br>serranas sob condições climáticas úmidas..... | 89  |
| Figura 8.2-3: Características comuns a alguns relevos residuais dômicos.....  | 98  |
| Figura 8.2-4: Desagregação de um maciço granítico em matacões através<br>do processo de decomposição esferoidal.....    | 99  |
| Figura 8.2-5: Carta de Materiais superficiais.....  | 103 |
| Figura 8.3-1: Principais componentes do balanço hídrico de uma encosta<br>florestada.....                               | 115 |
| Figura 8.3-2: Predomínio da componente perpendicular sobre a o<br>escoamento difuso - fase biostásica.....              | 119 |
| Figura 8.3-3: Predomínio do componente paralelo sobre a infiltração - fase<br>resistásica.....                          | 120 |
| Figura 8.3-4: Componentes esquemáticos do balanço hidrológico na<br>superfície de evapotranspiração.....                | 125 |
| Figura 8.3-5: Processos de erosão laminar e em sulcos atuantes sobre as   |     |

|                |  |     |
|----------------|--|-----|
|                | vertentes e seus respectivos produtos.....   | 126 |
| Figura 8.3-6:  | Impacto de uma gota de chuva ( <i>splash</i> ).....  | 127 |
| Figura 8.3-7:  | Cadeia de relações existentes entre a superfície impermeável, evapotranspiração, infiltração superficial e o <i>runoff</i> .....                                     | 130 |
| Figura 8.3-8:  | Incidência de movimentos de massa decorrentes das chuvas e das intervenções e ocupações urbanas inadequadas nas encostas.....  | 132 |
| Figura 8.3-9:  | Processo de instabilização das encostas em períodos chuvoso através da saturação dos solos devido ao acúmulo de águas pluviais e do lançamento de água servidas..... | 134 |
| Figura 8.3-10: | Esquema ilustrativo da intensificação da instabilidade das encostas em função da inadequação da rede abastecimento e água.....                                       | 135 |
| Figura 8.3-11: | Perspectiva ilustrativa da realização de cortes abruptos e com alturas excessivas potencializando a instabilidade natural das encostas.....                          | 136 |
| Figura 8.3-12: | Ocorrência de escorregamento de solo em função da remoção da cobertura vegetal em encosta de forte clinometria.....  | 138 |
| Figura 8.3-13: | Carta de Uso e Ocupação do Solo.....   | 141 |
| Figura 8.4-1:  | O sistema em uma vertente convexo-retilínea-côncava.....   | 145 |
| Figura 8.4-2:  | Classificação dos elementos de encostas de uma paisagem de acordo com a forma e os processos operantes.....  | 147 |
| Figura 8.4-3:  | Diversos tipos de feições tridimensionais eventualmente presentes numa vertente.....   | 148 |
| Figura 8.4-4:  | Unidade ideal de relevo e suas feições mínimas.....  | 149 |
| Figura 8.4-5:  | Ação da geometria vertical (perfil) sobre a hidrologia de superfície.....  | 151 |
| Figura 8.4-6:  | Carta de Feições Mínimas do Relevo.....  | 155 |
| Figura 8.5-1:  | As relações estabelecidas entre a densidade da drenagem, declividade e comprimento das rampas.....   | 160 |
| Figura 8.5-2:  | Carta de Densidade de Drenagem Pluvial.....  | 164 |
| Figura 8.6-1:  | Ação do comprimento de rampa sobre a hidrologia de superfície.....   | 166 |



|                |  |     |
|----------------|--|-----|
| Figura 8.7-1:  | Ilustração das condicionantes, materiais e processos envolvidos na ocorrência do fenômeno de queda de blocos.....  | 171 |
| Figura 9-1:    | Esquema de investigação e roteiro técnico-operacional para construção da carta de instabilidade potencial do relevo em ambiente SIG.....   | 177 |
| Figura 9.1-1:  | Fluxograma de atividades de coleta, tratamento, seleção, mapeamento, verificação e integração das informações com auxílio do ambiente SIG.....   | 179 |
| Figura 9.1-2:  | Expressão da geometria vertical em curvas de nível.....  | 181 |
| Figura 9.1-3:  | Expressão da geometria horizontal em curvas de nível e suas respectivas características do terreno.....  | 182 |
| Figura 10.1-1: | Paisagem caracterizada pela ocorrência de afloramentos rochosos graníticos conformados comumente por <i>free face</i> .....  | 210 |
| Figura 10.1-2: | Em primeiro plano observa-se o afloramento de litofácie granítica caracterizada por <i>free faces</i> .....  | 211 |
| Figura 10.1-3: | Vista lateral de fragmento florestal em estágio médio de regeneração cotejado por postagem e macegas cobrindo os terços superiores e médios das vertentes da Subunidade Topomorfológica Pedra dos Olhos..... | 212 |
| Figura 10.1-4: | Paisagem relacionada a uso do solo por atividades agropastoris comum em algumas propriedades inseridas nos limites da Subunidade Topomorfológica Pedra dos Olhos.....  | 213 |
| Figura 10.1-5: | <i>Tor</i> de origem granítica posicionado topograficamente no terço médio de uma vertente condizente a Subunidade Topomorfológica Pedra dos Olhos.....  | 215 |
| Figura 10.1-6: | Panorama geral das encostas condizentes a Subunidade Topomorfológica Pedra dos Olhos.....  | 216 |
| Figura 10.1-7: | Canal de drenagem pluvial apresentando afloramento de blocos rochosos de fáceis granodioríticas.....   | 217 |
| Figura 10.1-8: | Setor do modelado condizente ao ponto STPO-1, apresentando geometria policonvexa, transpassada por via de circulação.....  | 219 |

|                 |  |     |
|-----------------|--|-----|
| Figura 10.1-9:  | Perspectiva frontal da feição gerada (cicatriz) pelo deslizamento de material pedológico no ponto STPO-1.....  | 220 |
| Figura 10.1-10: | Detalhe perfil de Cambissolos Distrófico de origem granítica recorrente no ponto em avaliação.....   | 220 |
| Figura 10.1-11: | Perspectiva de montante do setor de encosta avaliado condizente ao ponto STPO-2, ocupado atualmente por pastagem.....  | 221 |
| Figura 10.1-12: | Perfil de Neossolo Litólico Distrófico apresentado fragmento de rocha granítica subarredondado e pouco alterado referente ao ponto STPO-2.....   | 222 |
| Figura 10.1-13: | Perspectiva de jusante do setor de encosta avaliado (ponto STPO-2).....  | 222 |
| Figura 10.1-14: | Setor de encosta avaliado para o referido ponto (STPO-3), apresentando perfil de moderada clinometria.....   | 223 |
| Figura 10.1-15: | Detalhe da litologia granítica porfiroidal sustentadora do modelado referente ao ponto STPO-3.....   | 224 |
| Figura 10.1-16: | Visada de jusante do setor avaliado (ponto STPO-3) constituído de extrato arbustivo e arbóreo conjugados a serrapilheira, denotando certa proteção às camadas superficiais do solo frente os agentes pluvioerosivos..... | 224 |
| Figura 10.1-17: | Perspectiva a partir de jusante do setor do modelado avaliada (ponto STPO-4) ocupado por vegetação estágio médio de regeneração.....   | 225 |
| Figura 10.1-18: | Afloramento de granítico porfiroidal de textura grosseira fortemente diaclasado, apresentando fenocristais de feldspatos potássico bem orientados.....   | 226 |
| Figura 10.1-19: | Ocorrência de Cambissolo Distrófico de textura areno-argilosa, originado de intemperismo atuante sobre granito porfiroidal referente ao ponto de avaliação STPO-4.....   | 226 |
| Figura 10.1-20: | Visada geral do setor do modelado em avaliação (ponto STPO-5) conformado por morfologia convexo-retilínea condizente a domínio de fluxos mesodispersor longitudinal.....   | 227 |
| Figura 10.1-21: | Ocorrência de afloramentos rochosos (pontos em azul)   |     |

|                 |   |     |
|-----------------|---|-----|
|                 | cobertos pela vegetação em estágio inicial de regeneração no ponto em avaliação STPO-5.....   | 228 |
| Figura 10.1-22: | Detalhe de Neossolo Litólico Distrófico assentado sobre rocha granítica condizente ao ponto de avaliação STPO-5.....  | 228 |
| Figura 10.2-1:  | Aspetos geomorfológicos condizente aos terços superiores e médios das encostas constituintes da Subunidade Topomorfológica Morro do Macaco.....   | 230 |
| Figura 10.2-2:  | Perspectiva geral da paisagem inerente ao Morro do Macaco contida na Subunidade homônima.....   | 232 |
| Figura 10.2-3:  | Vista parcial do setor condizente ao Morro do Macaco onde ocorreria catástrofe de 1985, derivada do desencadeamento de enorme deslizamento de material pedológico e litológico (rocha sã).....                          | 233 |
| Figura 10.2-4:  | Ocorrência de morros e morrotes comumente assimétricos, descontínuos e desnivelados associados á <i>free faces</i> e cornijas estruturais denotando contando forte controle litoestrutural na evolução da paisagem..... | 234 |
| Figura 10.2-5:  | Canal fluvial efêmero caracterizado por feições geométricas policôncavas a retilíneo-côncavas.....  | 236 |
| Figura 10.2-6:  | Perspectiva do setor de encosta referente ao ponto de avaliação STMM-1 ocupado por vias de circulação.....  | 238 |
| Figura 10.2-7:  | Perfil de Cambissolo Distrófico próximo ao ponto de avaliação STMM-1, apresentando horizonte textural areno-argiloso o que denota consideravelmente friabilidade quanto exposto aos agentes pluvioerosivos.....         | 239 |
| Figura 10.2-8:  | Litologia local representada por granito porfiroidal apresentando fenocristais de feldspato potássico com orientação bem definida.....  | 239 |
| Figura 10.2-9:  | Perspectiva frontal do setor de encosta avaliado referente ao ponto STMM-2.....   | 240 |
| Figura 10.2-10: | Figura 10.2-10: Predomínio no ponto STMM-2 de cobertura vegetal representada por espécies de porte arbustivo, em especial, no que condiz a macegas cotejadas por pastagens e  |     |

|                 |   |     |
|-----------------|---|-----|
|                 | por espécies rupestres.....   | 241 |
| Figura 10.2-11: | Perspectiva em detalhe de fina camada de Neossolo Litólico Distrófico sobreposto a afloramento granítico condizente ao ponto STMM-2.....                                    | 241 |
| Figura 10.2-12: | Visada geral do setor do modelado em avaliação (ponto STMM-3) conformado por morfologia hiperdispersora de fluxos sub e superficiais, associado á moderada clinometria..... | 242 |
| Figura 10.2-13: | Perfil de Cambissolo Distrófico apresentando horizonte textural areno-argiloso presente no ponto STMM-3.....  | 243 |
| Figura 10.2-14: | Detalhe da litologia granítica equigranular condizente ao embasamento do setor do modelado em consideração (ponto STMM-3).....  | 243 |
| Figura 10.2-15: | Perspectiva geral do ponto de encosta STMM-4 em avaliação na Subunidade Topomorfológica Morro do Macaco.....  | 244 |
| Figura 10.2-16: | Cambissolo Distrófico de textura areno-argilosa concernente ao ponto em avaliação STMM-4.....   | 245 |
| Figura 10.2-17: | Detalhe de bloco de rocha granítica pouco alterada, condizente ao substrato litológico do ponto STMM-4 em avaliação.....  | 245 |
| Figura 10.2-18: | Visada do ponto de avaliação STMM-5 condizente a instabilidade potencial fraquíssima.....   | 246 |
| Figura 10.2-19: | Perfil de solo Neossolo Flúvico distrófico apresentando horizonte textural composto por materiais argilo-arenosos.  | 247 |
| Figura 10.2-20: | Ocorrência de sulcos erosivos em função da exposição do solo a ação erosiva das chuvas condicionadas pelas intervenções antrópicas no ponto em questão (STMM-5).....        | 247 |
| Figura 10.3-1:  | Paisagem composta por topos geometricamente irregulares associado à <i>tor</i> dômico, denotando moderado controle estrutural e hidrodinâmica de superfície complexa.....   | 249 |
| Figura 10.3-2:  | Panorama geral da composição vegetacional predominante na Subunidade Topomorfológica Joana D’Arc-Mulembá.....   | 250 |
| Figura 10.3-3:  | Evidências de remoção artesanal de argilas depositadas no Vale do Mulembá-Conquista.....  | 251 |
| Figura 10.3-4:  | Perspectiva geral das tipologias de uso ocupação do solo  |     |

|                 |  |     |
|-----------------|--|-----|
|                 | desenvolvidas nas encostas e fundos de vale da Subunidade Topomorfológica Joana D'Arc-Mulembá.....   | 252 |
| Figura 10.3-5:  | Paisagem composta por topo geometricamente irregular associado à <i>tor</i> dômico, denotando moderado controle estrutural e hidrodinâmico de superfície complexa.....                         | 253 |
| Figura 10.3-6:  | Típico anfiteatro (hollow) associado a canal de drenagem pluvial conformado geometricamente por feições policôncavas.  | 255 |
| Figura 10.3-7:  | Visada de jusante do ponto de fortíssima instabilidade potencial do relevo considerado para avaliação (STJM-1).....  | 257 |
| Figura 10.3-8:  | Detalhe do embasamento geológico condizente ao ponto de avaliação STJM-1 representado por granito porfiroidal, apresentado fenocristais de feldspato potássico fortemente orientados.....      | 258 |
| Figura 10.3-9:  | Perspectiva lateral da feição/cicatriz de deslizamento constituída por materiais areno-argilosos aparentemente friáveis.....   | 258 |
| Figura 10.3-10: | Setor de vertente referente ao ponto STJM-2, caracterizado de acordo com os resultados apresentados pela CIPRE como de forte instabilidade potencial.....                                      | 259 |
| Figura 10.3-11: | Visada de detalhe do embasamento litológico condizente ao setor do modelado em avaliação (ponto STJM-2).....   | 260 |
| Figura 10.3-12: | Perspectiva de detalhe de fina camada de Neossolo Litólico Distrófico de textura areno-argilosa, assentado sobre litologia recorrente no ponto avaliado (STJM-2).....                          | 260 |
| Figura 10.3-13: | Perspectiva geral do ponto de avaliação considerado (STJM-3) referente a setor do modelado ocupado por via de circulação transpondo de modo perpendicular camada de Cambissolo Distrófico..... | 261 |
| Figura 10.3-14: | Perfil de Cambissolos Distrófico próximo ao ponto de monitoramento STJM-3.....   | 262 |
| Figura 10.3-15: | Ocorrência de fragmentos de rocha granodiorítica pouco alterada em meio e perfil de Cambissolo Distrófico, denotando assim fraca evolução dos processos pedogenéticos.....                     | 262 |

|                 |   |     |
|-----------------|---|-----|
| Figura 10.3-16: | Perspectiva geral do setor de encosta avaliado, condizente ao ponto STJM-3 (seta em amarelo, primeiro plano da Figura).....   | 263 |
| Figura 10.3-17: | Ocorrência de bloco de rocha granodiorítica de dimensão métrica no ponto de avaliação STJM-4 apresentando morfologia predominantemente sub-angulosa a arredondada....                         | 264 |
| Figura 10.3-18: | Perspectiva de detalhe de setor próximo ao ponto em avaliação (STJM-4) onde se observa a atuação do processo erosão linear condicionado a presença de via de circulação em meio à macega..... | 264 |
| Figura 10.3-19: | Perspectiva do ponto de avaliação STJM-5 referente à fraquíssima instabilidade potencial do relevo, conformado por morfologia essencialmente retilínea de suave inclinação.....               | 265 |
| Figura 10.3-20: | Setor do modelado em avaliação (ponto STJM-5) apresentando predomínio de processos acumulativos associados a canais pluviais e fluviais temporários.....                                      | 266 |
| Figura 10.3-21: | Detalhe de perfil de Neossolo Flúvico Distrófico condizente ao ponto STJM-5.....  | 266 |
| Figura 11-1:    | Fragmentos de vegetação completamente degradados devido ao fogo.....  | 271 |
| Figura 11-2:    | Paisagem com presença de sulcos erosivos instalados em encosta de forte valor clinométrico, relacionada ao uso do solo para atividades essencialmente agropastoris (pastagens).....           | 272 |
| Figura 11-3:    | Cena corriqueira na área de estudo onde se observa como fato comum à presença de lixo inorgânico depositado de forma inadequada e do gado pastando livremente.....                            | 273 |
| Figura 11-4:    | Presença de residências frágeis do ponto de vista estrutural, posicionadas em setores de forte instabilidade potencial do relevo.....   | 275 |
| Figura 11-5:    | Foco de lançamento de esgoto residencial (círculo em amarelo) associado à deposição de resíduos diversos (seta em vermelho) sobre setor de encosta localizado no bairro Joana D'Arc.....      | 277 |



Figura 11-6: Intervenção de remoção da vegetação e rebatimento (corte)  
talude de moderada clinometria para fins de construção civil..... 278

## RESUMO

O presente estudo possui em seu corpo teórico e prático a proposição, aplicação e avaliação de uma metodologia de análise empírica do relevo, através da perspectiva de estudos integrados do meio, tendo como área de interesse a Unidade Topomorfológica Tabuazeiro, que se encontra inserida no Maciço Central de Vitória, localizado na porção insular principal da capital do estado do Espírito Santo. Desta unidade são levantados seus principais aspectos geológicos, pedológicos, geomorfológicos e de uso e ocupação do solo em associação as características morfodinâmicas, consubstanciadas após sua integração em ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas), em distintos graus ou níveis de instabilidade potencial do relevo, sendo estes distribuídos espacialmente pela construção do modelo denominado de Carta de Instabilidade Potencial do Relevo (CIPRE). Contanto, o referido modelo condiz a uma aproximação empírica no que se refere á compreensão dos processos geomorfodinâmicos atuantes sobre o modelado e suas correlações com os modos de uso e ocupação do solo pretéritos e atuais, fatores estes relevantes para a condução de planejamento físico-territorial Urbano mais adequado ás especificidades do sítio geomorfológico em questão.

**Palavras-chave:** Geomorfologia; Uso e Ocupação do Solo; Unidade Topomorfológica Tabuazeiro; Análise Integrada do Meio; Sistema de Informações Geográficas; Instabilidade Potencial do Relevo.

## **ABSTRACT**

The present paper, in the light of theory and practice, is constituted by a proposition, application and assessment of a methodology of an empirical relief analysis, being based on integrated studies milieu. As an area to be focused, the Tabuazeiro Topomorphological Unit was chosen, being located in the Central Massif of Vitoria, which is in the island part of the Brazilian state of Espirito Santo. Geological, pedological and geomorphological data were collected as well as morphodynamical features, that are associated with the use of the soil and its occupancy. Later on, these aspects were correlated in a GIS (Geographic Information System) environment, in distinct degrees of potential instability of the relief, being espacially distributed, according to a model known as the Potential Relief Instability Chart. As opposed to this fact, that model corresponds to an empirical approximation regarding the comprehension of current geomorphodynamical processes, active in the relief, and its correlations with the ways of use and occupancy of the soil in the past and in present days. These factors were relevant to conduct the physical-territorial city planning, which better squares with the specificities of the geomorphological site in study.

**Keywords:** Geomorphology; Soil occupancy and use; Tabuazeiro Topomorphological Unit; Milieu Integrated Analysis; Geographic Information System; Potential Relief Instability.

## 1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A proposta metodológica de abordagem empírica do relevo que é apresentada e aplicada no decorrer do presente estudo possui como preceitos fundamentais a observação e emprego de teorias, conceitos e métodos de abordagem inerentes ao estudo do relevo terrestre, fundamentalmente no que tange sua condição atual perante os fatores e as condicionantes ambientais associadas.

Para contemplar tal perspectiva de análise faz-se necessário estabelecer uma proposta de estudo que abarquem, em seu escopo, a complexidade dos fatores e condicionantes envolvidos na dinâmica de evolução do modelado.

O processo de escolha e/ou determinação desses fatores consiste em um dos principais desafios, não apenas para o diagnóstico de um sítio geomorfológico, mas também no que condizem os seus limites.

Estas problemáticas se fundam na premissa de que os arranjos dos fatores controladores do comportamento geomorfológico não são constantes, ora prevalecendo uns em detrimento de outros, o que dificulta, em certa monta, a verificação sistemática da contribuição individual desses para a evolução do modelado.

A solução para a questão talvez esteja na proposição de abordagens de estudo do relevo e de seus fatos associados que levem em consideração os princípios pautados na análise integrada do meio.

Uma das alternativas quanto à resolução das problemáticas ora apontadas se refere à linha de pesquisa que aborda a concepção, aplicação e avaliação de algoritmos voltados à análise integrada do meio.

Estes são construídos através do emprego de ferramentas matemático-estatístico específicas, tendo como uma de suas principais vantagens a considerável capacidade de correlacionarem dados, informações, fenômenos, localidades, etc.

em vista de se construir um diagnóstico sintético para um determinado problema, ou questão, levantado.

Contudo, faz-se no presente estudo uma tentativa de concepção e aplicação de um algoritmo voltado à avaliação qualitativa do grau de instabilidade de um sítio geomorfológico do qual se pretende extrair correlações entre ocorrência de fenômenos e processos geomorfodinâmicos atuais e, se possível também, contribuir para a resolução ou mitigação de possíveis problemas ambientais recorrentes no sítio abarcado.

## 2 OBJETIVOS

O presente estudo tem como objetivo geral elaborar, aplicar e analisar uma proposta metodológica de abordagem integrada do relevo referente à Unidade Topomorfológica Tabuazeiro, tendo como base um grupo restrito de elementos e aspectos fundamentais referentes às condicionantes ambientais de evolução da paisagem local.

Esta proposta leva em consideração a apreensão sobre a distribuição e caracterização de alguns aspectos morfométricos, morfográficos, morfológicos e morfodinâmicos do modelado, em associação a diversidade de tipos de uso e ocupação do solo ora desenvolvidos na área de estudo em questão.

Também tem como objetivo colaborar, a partir de seus resultados empíricos e demais reflexões, com a proposição de interveniências públicas nas áreas do modelado consideradas como críticas do ponto de vista da instabilidade morfodinâmica, consubstanciadas comumente como áreas de risco a ocorrência de eventos geomorfodinâmicos severos, como os movimentos de massa coletivos.

### 2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Desenvolver e apresentar proposta metodológica de análise do relevo que abarque, de modo integrado, alguns aspectos geomorfológicos considerados importantes para a referida área de estudo, especificamente no que se refere ao ponto de vista da manutenção do equilíbrio das formas;
- 2) Associar os aspectos geomorfológicos as diversas tipologias de uso e ocupação do solo presentes na área de estudo que estejam ligadas direta ou indiretamente com a dinâmica evolutiva do modelado como um todo;



- 3) Elaborar cartas temáticas referentes aos aspectos geomorfológicos, bem como dos tipos de usos e ocupação do solo, relevantes para análise proposta;
- 4) Realizar a integração de dados e informações referentes às cartas elaboradas, utilizando-se para tal, de técnicas derivativas do método AHP (Processo de Análise Hierárquica) em associação a ferramentas computacionais operantes em ambiente SIG<sup>1</sup>. Tais procedimentos visam à construção do modelo físico final composto por distintas classes de instabilidade potencial do relevo conforme a conjunção dos fatores ou elementos abarcados e analisados em sua constituição;
- 5) Analisar de forma qualitativa o modelo físico final em consonância com as peculiaridades geomórficas presentes na área de estudo, especialmente no que condiz a distribuição e caracterização dos principais atributos morfométricos, morfológicos, morfográficos e morfodinâmicos, assim como, as formas de uso e ocupação do solo atuais;
- 6) Discutir as possíveis intervenções por parte dos agentes públicos e privados no intuito de precaver e/ou mitigar os possíveis problemas de cunho geomorfodinâmicos indicados por meio da análise do modelo de instabilidade potência, do relevo elaborado para a área de estudo.

A elaboração da Carta de Instabilidade Potencial do Relevo (CIPRE) visa elencar faixas ou zonas do modelado em relação a diversos níveis de instabilidade morfodinâmica. Estes níveis serão apontadas por meio dos resultados provenientes da correlação de alguns dos componentes geomorfológicos, em conjunto com as tipologias de uso e ocupação do solo, denotando, contanto, a ocorrência de setores da superfície inerente à área de estudo com maior ou menor potencial de desequilíbrio morfológico e, analogamente, ambiental.

---

<sup>1</sup> Os SIG's são usualmente aceitos como sendo uma tecnologia que possui o ferramental necessário para realizar análises com dados espaciais e, portanto, oferece, ao ser implementada, alternativas para o entendimento da ocupação e utilização do meio físico, compondo o chamado universo da Geotecnologia, ao lado do Processamento Digital de Imagens (PDI) e da Geoestatística (SILVA, 2003).

### 3 A ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo escolhida para a construção e aplicação do modelo de instabilidade potencial do relevo, denominada aqui de Unidade Topomorfológica Tabuazeiro, encontra-se inserida na porção insular principal do município de Vitória, capital do Estado do Espírito Santo, mais precisamente no que se refere à Fachada Oriental do Maciço Central de Vitória.

A definição dos limites inerentes à área de estudo, assim como sua caracterização física, tem como referencial teórico e prático a proposta de segmentação do Maciço Central de Vitória apresentada por Goulart (2005), na qual se estabeleceu a existência de cinco setores distintos morfologicamente, sendo eles: a Fachada Setentrional, Fachada Meridional, Núcleo Guanda, Fachada Ocidental e Fachada Oriental, sendo este último de interesse na presente pesquisa.

Tal compartimentação teve como referencial teórico e operacional a compreensão das condicionantes geoambientais atuantes na evolução do modelado local, levando-se em consideração a observação das similitudes das formas expressas no espaço, sendo a estas atribuídas uma nomenclatura de designação local em conformidade com as características geográficas presentes.

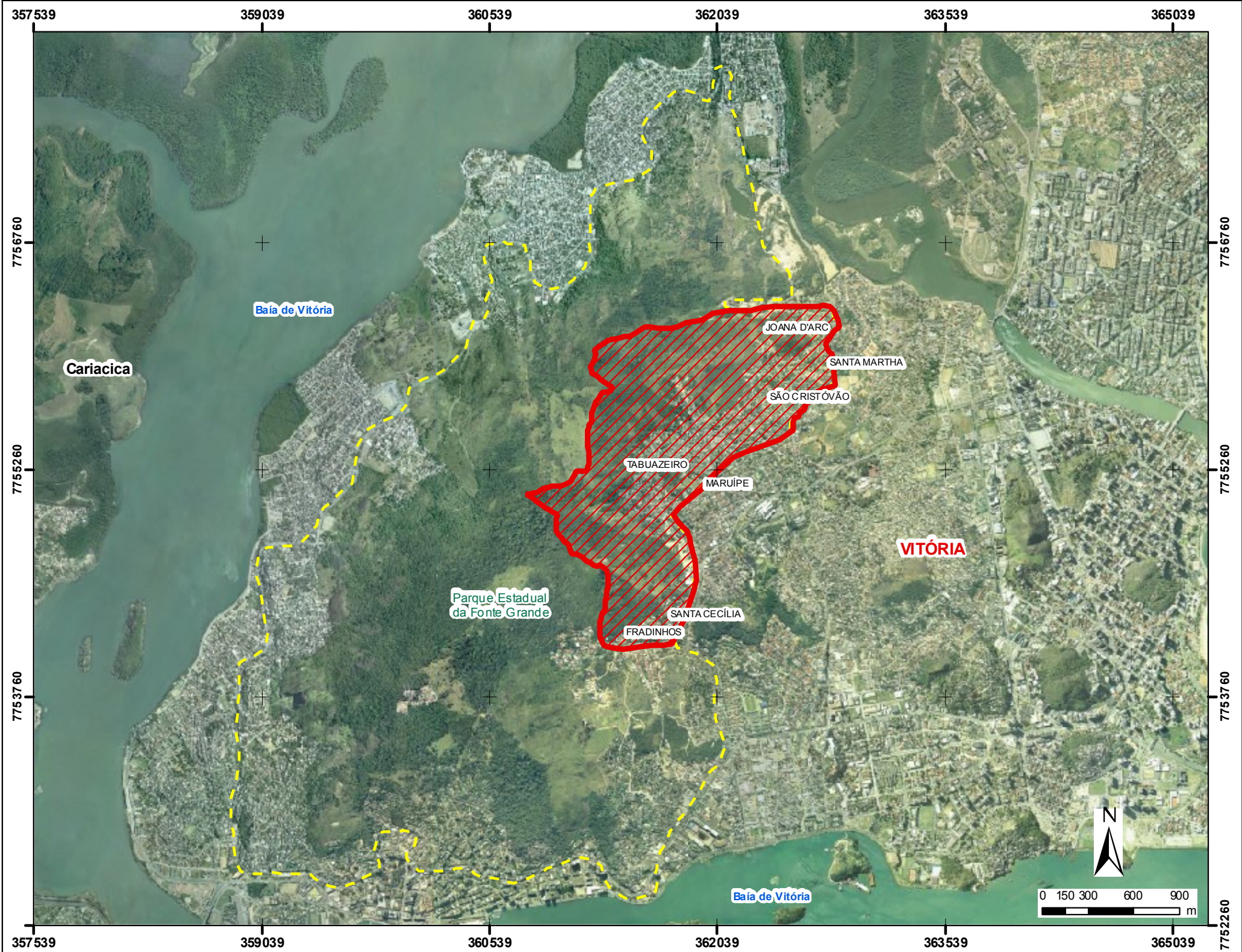
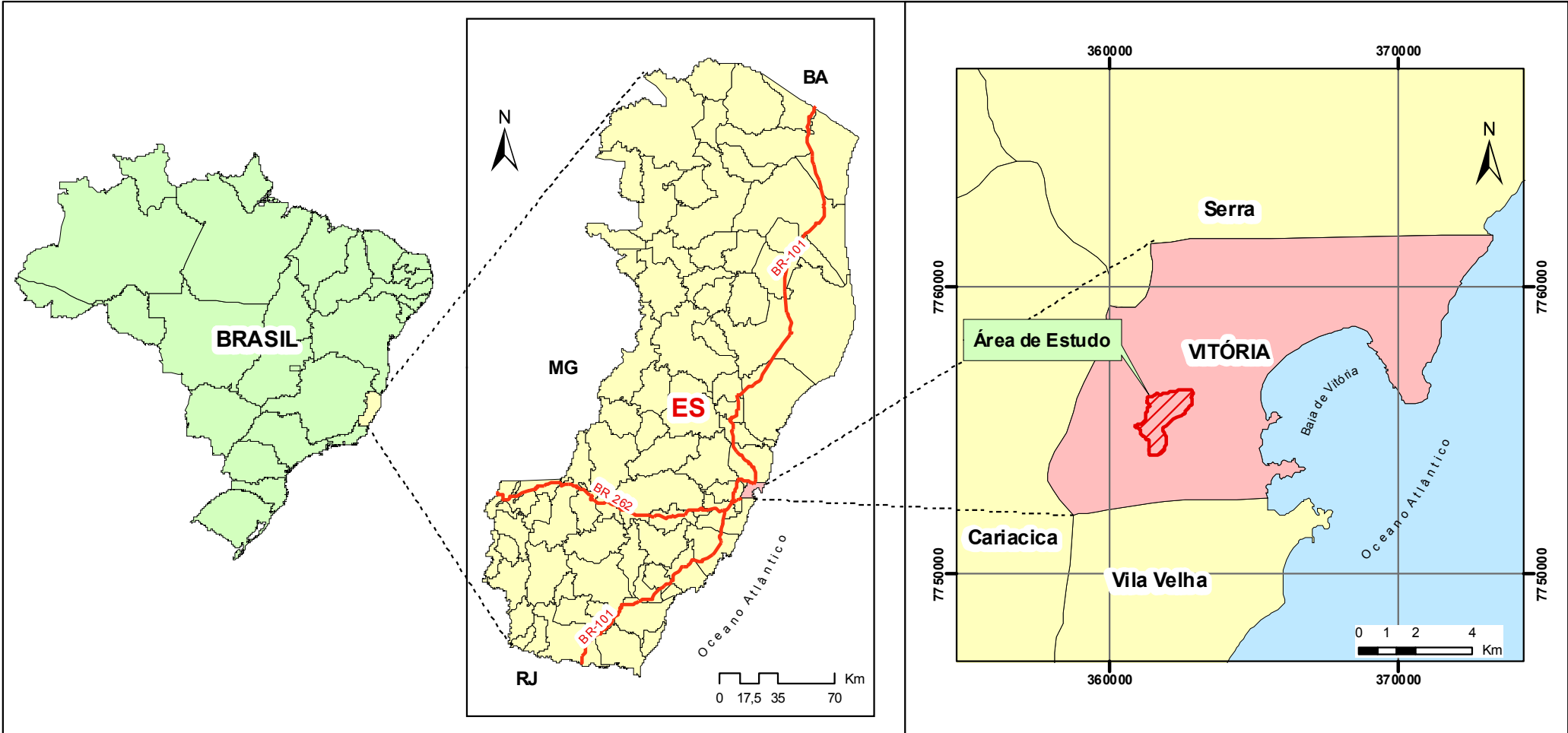
Goulart (2005) também propôs a segmentação da Fachada Oriental em duas porções ou Unidades Topomorfológicas, sendo elas a Unidade Fradinhos e a Unidade Tabuazeiro. Para tal, tomou-se como referencial técnico e teórico a observação dos arranjos de formas e em especial de suas vertentes, tendo como balizadores espaciais a apreensão da linha de maior inflexão da forma composta pelos divisores d'água e, em certos casos, pelos limites de drenagem.

Localizada dentro do polígono formado pelas coordenadas UTM 360850 - 362850 E e 7754100 - 7756600 N, a Unidade Topomorfológica Tabuazeiro possui dimensão territorial de aproximadamente 2,23 Km<sup>2</sup>, circunscrita em porções territoriais dos bairros Fradinhos, Tabuazeiro, Maruípe, São Cristóvão, Santa Marta e Joana D'Arc,

sendo que boa parte desta área pertence aos limites da APA (Área de Proteção Ambiental) do Maciço Central de Vitória.

Sua posição geográfica em relação ao Maciço Central de Vitória, bem como sua perspectiva dimensional condizente à Fachada Oriental, podem ser verificadas na carta de localização da área de estudo expressa pela Figura 3-1.





| LEGENDA   |  | DADOS TÉCNICOS   |  | Figura 3-1: Carta de Localização da Área de Estudo<br>Unidade Topomorfológica Tabuazeiro<br>Vitória - ES |                                  |                                    |                       |
|---|--|--|--|--|----------------------------------|------------------------------------|-----------------------|
| <div><div></div> Limite da Área de Estudo</div> <div><div></div> Maciço Central de Vitória</div> <div><div>BAIRRO</div></div> |  | Projeção UTM<br>Meridiano Central: -39° W Greenwich<br>Datum: SAD 69 - 24S |  | ORGANIZADOR:<br><br>FERNANDO MIEIS CAUS  | FONTES:<br><br>IBGE<br>PMV/SUBTI | INSTITUIÇÃO:<br><br>UFES/CCHN-PPGG | DATA:<br><br>Dez/2009 |
|   |  | ESCALA: 1:30.000   |  |  |                                  |                                    |                       |



### 3.1 CARACTERIZAÇÃO GERAL

A constituição geológica da Unidade Topomorfológica Tabuazeiro esta representada pelo domínio de dois tipos de litologias distintas, sendo a de maior representação relacionada à fácies graníticas porfiroidais, cotejadas em menor grau por fácies granodioríticas, ambas de idade Pré-Cambriana/Proterozóico (aproximadamente 650 milhões de anos). Estas se encontram ora cobertas por espessas camadas de material alterado, ora aflorantes na paisagem por meio de *free faces*<sup>2</sup> e *tor's*<sup>3</sup> relacionados comumente a processos de esfoliação e decomposição esferoidal.

Os aspectos inerentes às características estruturais das intrusões graníticas é o principal delineador da morfologia atual. Dois padrões de fratura de direções NE-SW e NW-SE com mergulhos verticais são responsáveis pela estruturação do relevo da área de estudo, que em conjunto às ações intempéricas geram formas predominantemente convexizadas.

A individualização de blocos e matacões é condicionada pelo cruzamento das linhas de fratura. Nos aspectos litológicos destacam-se os maciços graníticos, que se apresentam quase sempre zonados possibilitando uma variação de tipos litológicos ora granitos ora granodioritos. A granulação varia de fina a grosseira e a coloração de cinza claro a cinza escuro. Eventualmente são encontradas evidências de diques de diabásio alterados cortando estas rochas.

Destaca-se na paisagem local como monumento natural o afloramento granítico denominado de Pedra dos Olhos (Figura 3.1-1). Tal nome é derivativo da presença de *Tafonis*<sup>4</sup> localizados na porção central do paredão rochoso voltado para Leste (GOULART, 2005).

---

2 Free Face (face livre) é um termo de conotação meramente descritivo de formas de relevo representadas por afloramentos rochosos de considerável extensão e representação numa determinada paisagem.

3 De acordo com Bigarella *et al.* (2007) o termo *Tor* designa uma colina “encastelada” ou, um afloramento de rocha bem diaclasada, sobressaindo-se abruptamente de uma vertente ou de um topo relativamente plano. Compõem-se de um amontoado de blocos bem delimitados por diáclases, o qual sobressai de uma plataforma de rocha sólida.

4 Tafoni refere-se a formas de intemperismo cavernoso afetando, principalmente, rochas cristalinas (ácidas e intermediárias) de granulação média a grosseira, podendo ocorrer também em arenitos, calcários e xistos (BIGARELLA *et al.*, 2007).



Figura 3.1-1: Perspectiva geral da Pedra dos Olhos localizada no limite ocidental do bairro Tabuazeiro. Observa-se no terço médio da referida *free face* à presença de *Tafonis* (olhos) que dá o nome do referido monumento natural.

Os solos se apresentam de modo geral bastante rasos nos terços médios e superiores das vertentes, sendo representados predominantemente por Neossolos Litólicos Distróficos, em contraposição a perfis mais profundos localizados próximos às bases das vertentes, consubstanciado pela ocorrência de Cambissolos Distróficos e, em menor proporção, de Neossolos Flúvicos Distróficos contidos especificamente em alguns fundos de vale.

Em relação aos aspectos geomorfológicos, predominam os morros e morrotes com geometria essencialmente policonvexa e retilíneo-côncava condizentes, respectivamente, a frentes de interflúvio e a fundos de vale. As inclinações das encostas variam, predominantemente, entre os intervalos de 15 a 100%, denotando setores do relevo de forte declividade, em específico, no que se refere ao terço superior e médio.

A Unidade Topomorfológica Tabuazeiro se destaca em relação ao restante do conjunto da Fachada Oriental e do Maciço Central, principalmente devido à



recorrência de processos morfodinâmicos representativos em magnitude e frequência.

A ocorrência de fenômenos morfodinâmicos sobre suas vertentes sofre significativo aumento durante os períodos mais chuvosos e, em especial, no verão, em virtude do aumento considerável dos índices pluviométricos para a área em questão (GOULART, 2005). Esses fenômenos são representados comumente por queda de blocos, deslizamentos e escorregamento de materiais litológicos e pedológicos.

Morfoгенeticamente correlacionados a tais tipologias geológicas, pedológicas e morfológicas, observa-se a presença de colúvios<sup>5</sup>, depósitos de tálus<sup>6</sup> e campos de matacões distribuídos nos diversos níveis topográficos, denotando a ocorrência de considerável mobilização de materiais inconsolidados dos terços superiores das vertentes em direção aos fundos de vale.

A vegetação local apresenta-se diversificada quanto a sua composição, onde se destaca a presença de fragmentos da Mata Atlântica de Encosta em estágios distintos de regeneração associados, comumente, por macegas e pastagens, como pode ser observada na Figura 3.1-2 a seguir.

---

5 De acordo com Bigarella *et al.* (2007) colúvio refere-se ao material que sofreu deslocamento na vertente, isto é, o resultado da movimentação do elúvio (material alterado que permanece in situ). Constitui o revestimento subsuperficial quase que generalizado da paisagem.

6 Designam-se depósitos de tálus ou de talude o amontoado de detritos formados no sopé das encostas, provenientes da desintegração da face de uma escarpa ou de uma vertente muito íngreme (BIGARELLA *et al.*, 2007).



Figura 3.1-2: Diversidade de Tipologias de vegetação nativa na área de estudo. Constata-se a presença de fragmentos em distintos estágios de regeneração.

Constata-se também na paisagem ora abordada, a presença de paredões rochosos abruptos colonizados por vegetação essencialmente xerófila e pioneira, representadas na área de estudo comumente por espécies rupestres, fixadas nas paredes e fendas das rochas.

Quanto às demais classes de uso e ocupação do solo, verifica-se a presença de residências/comércios, vias de circulação, entre outros fixos de forma predominante nas porções mais planas e rebaixadas do relevo. Tais tipos de uso são cotejados por pequenas propriedades rurais que ocupam faixas distintas do relevo local, tendo como disposição preferencial as porções topograficamente mais elevadas e de maior inclinação.



Figura 3.1-3: Perspectiva geral das tipologias de uso e ocupação do solo comuns na área de estudo.

Faz-se importante salientar que a Unidade Topomorfológica Tabuazeiro estabelece limites em sua porção ocidental, oriental e setentrional com três unidades de conservação, sendo elas, respectivamente, o Parque Estadual da Fonte Grande, Parque Municipal de Tabuazeiro e o Parque Natural do Vale do Mulembá-Conquista, estando assim tais unidades inseridas nos domínios da APA (Área de Proteção Ambiental) do Maciço Central de Vitória.

A constituição da APA contribui em para os processos de manutenção e preservação da biodiversidade, tanto dos parques como da área de estudo em questão, visto que, dentre outras funções, proporcionaria o estabelecimento de uma zona de atenuação das interferências ambientais negativas derivadas das atividades sócio-econômicas desenvolvidas nelas e em seu entorno imediato.

Entretanto, a manutenção dessa zona de proteção faz-se na atualidade com dificuldades devido à fragilidade institucional na qual se encontra o processo de consolidação da APA do Maciço Central de Vitória. Soma-se a tal fato a presença de tipos de uso do solo tanto voltados às atividades urbanas como rurais, destacando-

se sobre esta última a pecuária extensiva de bovinos, eqüinos, caprinos desenvolvidos na área ao longo dos últimos decênios.

Tais características marcadas pela ampla diversidade de aspetos naturais e sócio-econômicos corroboraram de forma decisiva para a escolha da referida área de estudo, visto que estes denotam certa complexidade em relação à constituição temporal e espacial do meio em questão.

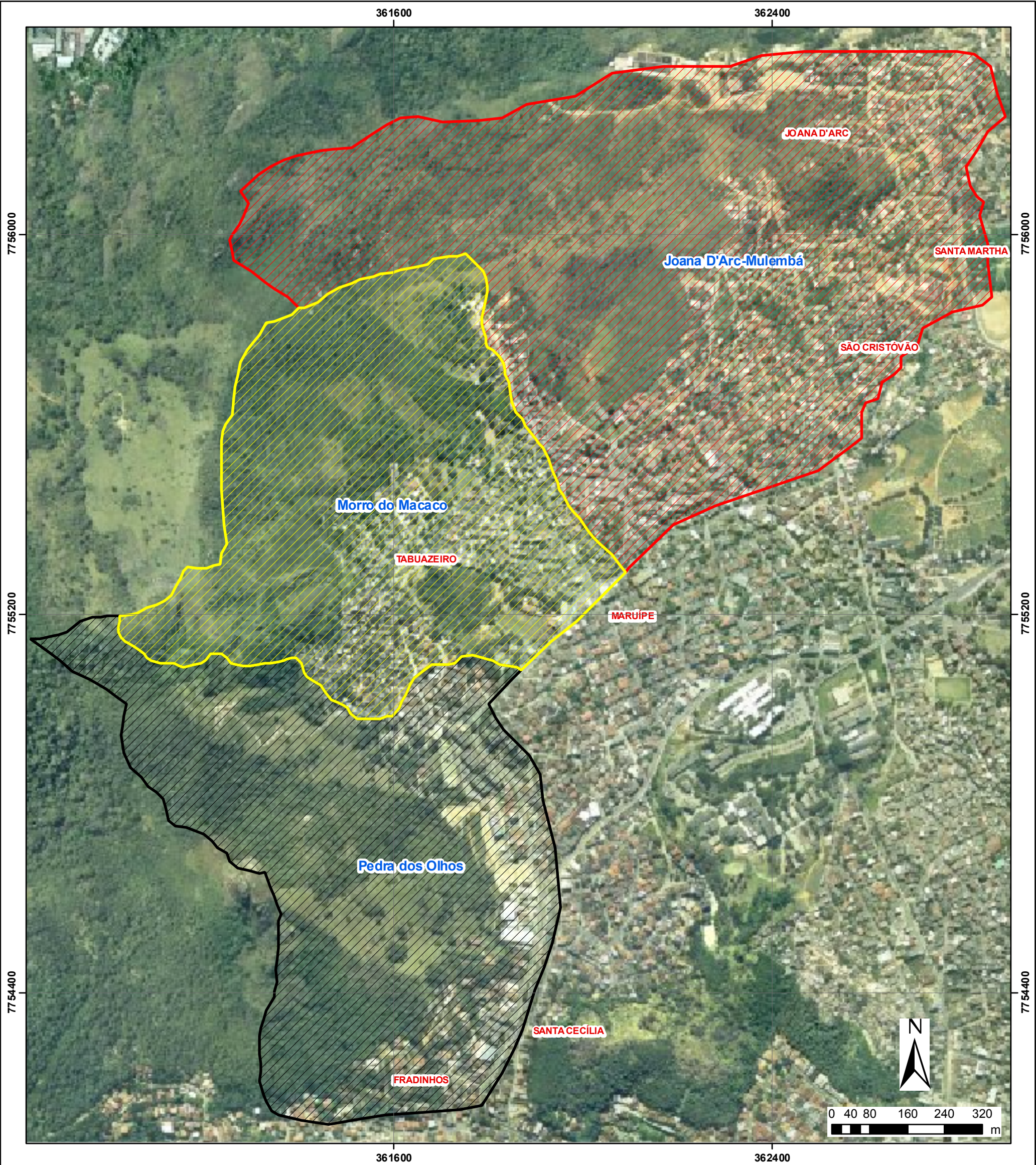
### 3.2 SUBUNIDADES TOPOMORFOLÓGICAS


No objetivo de se analisar a área de estudo numa escala de detalhe que atenda aos objetivos ora estabelecidos, fora proposto uma compartimentação arbitrária da mesma em três parcelas territoriais ou Subunidades Topomorfológicas. Estas apresentam entre si nuances significativas em relação a seus respectivos aspectos topográficos, morfológicos e morfodinâmicos, sendo elas:

- Subunidade Pedra dos Olhos;
- Subunidade Morro do Macaco; e,
- Subunidade Joana D’Arc-Mulembá.

Essa segmentação pode ser visualizada espacialmente por meio da carta de Subunidades Topomorfológicas representada aqui pela Figura 3.2-1.





| LEGENDA   |  | DADOS TÉCNICOS   |  | Figura 3.2-1: Carta de Subunidades Topomorfológicas<br>Unidade Topomorfológica Tabuazeiro<br>Vitória-ES |                    |
|---|--|--|--|---|--------------------|
| <div>Subunidades Topomorfológicas</div> <div><div></div> Pedra dos Olhos</div> <div><div></div> Morro do Macaco</div> <div><div></div> Joana D'Arc-Mulembá</div> <div><div>BAIRRO</div></div> |  | Projeção: UTM<br>Meridiano Central: -39° W de Greenwich<br>DATUM: SAD 69 - Zona 24S  |  |   |                    |
|   |  | LOCALIZAÇÃO  |  | DATA:<br>Dez/2009   | ESCALA:<br>1:8.000 |
|   |  |  |  | FONTES:<br><br>IBGE<br>Prefeitura Municipal de Vitória/SUBTI  |                    |



A gênese inerente às toponímias elencadas para cada subunidade possui relação intrínseca aos aspectos geográficos locais, especificamente em relação ao(s) bairro(s) contido(s) dentro dos limites territoriais de cada uma delas, como também há elementos ou objetos naturais de considerável expressão na paisagem local (CAUS, 2007).

A proposta de divisão, como fora acima estabelecida, encontra-se fundamentada essencialmente na observação das características topográficas e morfológicas da área de estudo. Essa busca a diferenciação quanto às características evolutivas do modelado, tendo como objetivo final estabelecer uma organização das atividades de apreensão, registro e compreensão das condicionantes e fatos ligados ao relevo local através dos processos de elaboração e análise de produtos cartográficos de cunho geomorfológico e ambiental.

## 4 JUSTIFICATIVAS

O presente estudo tem como relevância o desenvolvimento e aplicação de uma proposta metodológica de análise integrada de alguns aspectos fundamentais da paisagem condizente a Unidade Topomorfológica Tabuazeiro, com fins a aproximação sobre o entendimento qualitativo do quadro físico-ambiental da área ora considerada. Nesta faz-se fundamental o levantamento, seleção, conjunção e análise dos fatos geomorfológicos, em associação aos diversos tipos de uso e ocupação do solo presentes.

A proposição, construção e análise do quadro acima elencado permitem, no âmbito desta perspectiva, contemplar algumas constituintes fundamentais que sustentam a paisagem local em associação à dinâmica ambiental vigente, influenciada pelos diversos modos de uso dos recursos naturais praticados especificamente nos últimos decênios na área de estudo.

Uma das condições de interesse em se escolher a Unidade Topomorfológica Tabuazeiro se funda em função da considerável recorrência de eventos geomorfodinâmicos contidos em seu perímetro territorial, em especial na catástrofe provocada por um enorme escorregamento ocorrido na noite de 14 para 15 de Janeiro de 1985 no Morro do Macaco, em um trecho da encosta leste do morro localizado no bairro Tabuazeiro. Estima-se que no referido evento fora deslocado na encosta do morro algo em torno de 14.400 toneladas de materiais rochosos e pedológicos. Essa massa saturada de água, e parcialmente liquefeita, desceu encosta abaixo carregando inúmeros barracos e ceifando dezenas de vidas humanas (CASTELLO & POLIDO, 1986).

O desenvolvimento de propostas metodológicas de estudo das dinâmicas de transformação das formas de relevo possui papel de destaque na aproximação e compreensão do funcionamento do quadro ambiental de um determinado fragmento da superfície terrestre.

Tal proposta deve perpassar inexoravelmente pelo entendimento do funcionamento e da interação entre os demais componentes da natureza (água, solos, subsolo, clima, vegetação). Estes componentes são de considerável interesse para o planejamento físico territorial, planejamento este que deve levar em conta as *“potencialidades dos recursos e as fragilidades dos ambientes naturais, bem como a capacidade tecnológica, o nível técnico sócio-cultural e os recursos econômicos da população atingida”* (ROSS, 1990, p.17).

As intervenções de cunho antrópico desenvolvidas sob certo fragmento da superfície terrestre devem ser abordadas e tratadas com grande importância perante aos fenômenos e fatores ligados a natureza.

Assim, sob o ponto de vista ambiental, o processo de cartografiação e análise de alguns aspectos inerentes ao relevo em associação aos tipos de uso e ocupação do solo, possuem forte relevância do ponto de vista do planejamento físico-territorial, visto que de tal conjunção de elementos da paisagem se possibilita elaborar documentos analíticos ou cartas voltadas ao diagnóstico-síntese do relevo. Estes podem ser utilizados na tarefa de mitigar os impactos ambientais quanto a intervenções antrópicas futuras e de colaborar com a resolução e/ou atenuação dos problemas já existentes.

Com relação aos resultados práticos ou aplicados, a Carta de Instabilidade Potencial do Relevo se constituirá, em tese, em um insumo de apoio ao planejamento físico-territorial que visa subsidiar futuras propostas de ordenamento e planejamento do uso e da ocupação do solo da área de estudo abarcada.

Do ponto de vista teórico e metodológico, a presente proposta de estudo traz ao tema da complexidade inerente as relações da sociedade com a natureza, uma possibilidade de desenvolver, aplicar e analisar algoritmos (modelos matemático-estatísticos) voltados à diagnose ambiental, tendo como interface de apoio alguns aplicativos computacionais específicos ao ambiente SIG.

Os modelos matemático-estatísticos de enfoque ambiental em muitos dos casos se mostram bastante razoáveis e coerentes em relação às peculiaridades do ambiente



abordado e seus comportamentos evolutivos, admitindo tratar-se de propostas aproximativas dessa realidade dinâmica e complexa.

Através da crítica constante quanto aos elementos elencados, seus procedimentos de tratamento e de correlações, bem como dos respectivos resultados alcançados, abrem-se possibilidades de se discutir de forma mais ampla os referenciais teórico-metodológicos empregados na concepção dos algoritmos que visem o refinamento ao entendimento do ambiente.

## 5 A NATUREZA DOS PROBLEMAS

Os problemas a serem abordados no presente estudo encontram-se vinculados à constatação, descrição e entendimento de alguns aspectos e particularidades referentes ao relevo, fundamentalmente no que condiz a recorrência de processos geomórficos atuais, bem como das possíveis interferências ou influências derivadas pelo desenvolvimento das atividades antrópicas na área estudada.

A premissa teórica fundamental tratada aqui ressalta a preocupação em relação a diversos problemas de cunho socioambiental derivados da conjunção de características da superfície do relevo e as exigências que lhe são impostas, sobressaindo constantes processos de retomada do equilíbrio das formas de relevo.

As retomadas de equilíbrio das formas do relevo são representadas através dos fenômenos geomorfológicos de caráter dinâmico-evolutivos. O cenário ambiental é manipulado em graus distintos pelas atividades desenvolvidas pela sociedade contemporânea e, particularmente, pelo processo de ocupação de encostas e fundos de vale.

A problemática inerente à relação da sociedade com a natureza dentro dos moldes atuais de desenvolvimento econômico suscita a reflexão quanto aos níveis de desenvolvimento almejados, e os que podem ser realmente alcançados, frente à disponibilidade quantitativa e qualitativa de recursos naturais empregados. Isso implicará na escolha consciente, ou não, da sociedade em relação ao nível de qualidade ambiental a ser mantida para as relações futuras, que devem ser pautadas sempre na questão da sustentabilidade ou durabilidade das atividades socioeconômicas escolhidas.

A esse respeito, Lima & Martinelli (2008) fazem a seguinte consideração:

“Quanto maior a complexidade do desenvolvimento econômico e social de uma determinada sociedade, maior será sua necessidade por recursos naturais, o que tem causado degradação ambiental

crescente pelo fato de não terem sido adotadas medidas corretivas para uma sustentabilidade adequada." (p: 440).

O conjunto de relações mútuas entre os aspectos ditos naturais, ou da natureza, e as modificações da paisagem inferidas pela sociedade, podem estar relacionadas, num curto espaço de tempo, com a ocorrência de fatos geomórficos de grande expressão ambiental e social como os movimentos de massa. Estes podem ter a sua causa atrelada à dinâmica de evolução urbana, especificamente no que se refere à ocupação dos topos de morros, vertentes íngremes e fundos de vale.

O entendimento e o controle dos mecanismos deflagradores de fenômenos geomorfodinâmicos de grande magnitude estão, muitas vezes, atrelados à conjunção de inúmeros fatores ambientais, o quê tornam complexos o quadro e os métodos analíticos empregados na compreensão de sua ocorrência. Assim, faz-se necessário conceber estudos que abarquem os diferentes graus de fragilidade de um determinado ambiente frente às atividades antrópicas desenvolvidas sobre este. Relativo a esta condição, Lima & Martinelli (2008) fazem a seguinte observação:

"[...] as pesquisas ambientais precisam se preocupar não somente no levantamento dos problemas ambientais causados pela sociedade e como recuperá-los e sim no estudo do grau de fragilidade dos diversos ambientes às interferências antrópicas." (p: 440-441).

Uma das diversas possibilidades, em relação à aproximação da referido cenário, encontra-se na construção de modelos físicos ou cartográficos que abarquem certo número de elementos ou aspectos do relevo em conjunção às principais atividades e/ou interferências originadas das relações sociais de produção e reprodução do espaço geográfico, consubstanciada nas modificações eminentes da paisagem.

Contudo, faz-se conveniente buscar, tanto quantitativamente como qualitativamente, a indicação das fragilidades e potencialidades referentes ao meio, em especial no que contempla seus usos pretéritos e atuais em plena relação dialética com

constituintes bióticas e abióticas presentes, o quê remete a necessidade de se avaliar de maneira integrada alguns aspectos relacionados tanto da primeira como da segunda natureza<sup>7</sup>.

## 5.1 O SENTIDO DOS PROBLEMAS

Os problemas inerentes à questão da instabilidade potencial do relevo em associação à recorrência de fenômenos geomorfodinâmicos de considerável monta, nos leva não somente a reflexão sobre os aspectos ligados aos problemas físico-naturais do meio, mas também no que refere às condições de habitação e moradia de grande parte da população estabelecida em áreas consideradas de risco ambiental<sup>8</sup>.

No caso do meio urbano brasileiro, tal reflexo é frequentemente associado a uma dinâmica evolutiva do sítio, fundamentada, muita das vezes, na dificuldade econômica de certas parcelas populacionais ao acesso a ecúmenos ou a estabelecimentos mais apropriados à “fixação” do homem. Contanto, muitas das vezes faz-se premente a ocupação das encostas com forte inclinação ou de fundos de vale estreitos, que se conformam ambientalmente inapropriados frente à inexistência de planejamento para tal.

A constatação de deficiências quanto às infra-estruturas básicas destinadas a atender os moradores localizados nas áreas de encostas no Brasil, assim como os riscos ambientais (sociais, econômicos, de vida etc.) aos quais estes estão expostos, encontra-se relacionados a diversos fatores de cunho econômico, político e ambiental, como:

---

7 De acordo com Santos (1985), a primeira natureza consiste na “natureza em estado natural”, diferentemente da segunda natureza, já submetida á sociedade, isto é, a natureza que já apresenta resultados da ação humana.

8 Resultam da associação entre os riscos naturais e os riscos decorrentes de processos naturais agravados pela atividade humana e pela ocupação do território (VEYRET & DE RICHEMOND, 2003).

- baixa qualidade dos materiais utilizados na construção de moradias, devido a dificuldades econômicas na aquisição;
- precariedade ou Inexistência de planejamento adequado quanto o estabelecimento de formas de uso e ocupação do solo que levem em conta as peculiaridades naturais do sítio; e,
- fragilidades e potencialidade em relação às condições naturais do meio (geomorfológicas, litotectônicas, fitofisionômicas, climática, etc.), que atuam de forma conjunta e complexa na constituição do modelado.

Este quadro encontra forte correspondência - temporalmente e espacialmente - com a ativação, reativação e/ou aceleração de processos inerentes à evolução das formas de relevo, sendo estes importantes no que se refere aos riscos dos quais são expostos certa parcela da população, que acabam ocupando setores da encosta ambientalmente frágeis.

As intervenções para construção de infra-estruturas de moradias e seus acessórios estão fortemente relacionadas aos diversos impactos impostos ao meio em questão ou, mais especificamente, no que se refere ao sistema vertente em seus elementos e em sua dinâmica evolutiva.

Em diversas circunstâncias o conceito e a definição de “impacto ambiental” encontram-se relacionados quase que exclusivamente ao homem como vetor propagador da degradação da natureza e conseqüentemente de seus recursos (água, ar, solo, vegetação), sendo esta natureza (primeira) apresentada à sociedade como imaculada ou desprovida de modificações pretéritas derivadas das intervenções antrópicas pós-moderna.

Tal referencial idealista nos permite, em tese, propor diversas reflexões sobre a questão dos impactos ambientais urbanos causados pelas atividades antrópicas contemporâneas, sendo, ao nosso entender, necessário fazê-las por uma ótica mais próxima da realidade ou mais humanizada sobre os fatos. Isto, de acordo com Coelho (2005), demanda do pesquisador e de sua proposta de abordagem para a problemática ambiental urbana uma flexibilidade quanto a sua proposta metodológica, pois sua interpretação necessita abarcar em sua construção fatores

especificamente físicos e biológicos em conjunção a aspectos essencialmente antrópicos, pois:

“A complexidade dos processos de impacto ambiental urbano apresenta um duplo desafio. De um lado, é preciso problematizar a realidade e construir um objeto de investigação. De outro, é necessário articular uma interpretação coerente dos processos ecológicos (biofísico-químicos) e sociais à degradação do ambiente urbano.” (p: 19).

Portanto, pensar a questão ambiental em relação aos impactos urbanos causados ou acelerados pelas atividades sócio-econômicas, demanda elaboração de novas linhas de pesquisas conduzidas, não apenas pelo viés ambientalista e/ou preservacionista do meio ambiente, mas também, no que tange considerar as peculiaridades sócio-econômicas locais, consubstanciadas no espaço por um conjunto específico de ações ou atividades antrópicas.

Para Coelho (2005) o impacto ambiental deve ser considerado do ponto de vista de sua indivisibilidade quanto aos aspectos naturais e antrópicos que o compõem, pois:

“No estágio de avanço da ocupação do mundo, torna-se cada vez mais difícil separar impacto biofísico de impacto social. Na produção dos impactos ambientais, as condições ecológicas alteram as condições culturais, sociais e históricas, e são por elas transformadas. Como um processo em movimento permanente, o impacto ambiental é ao mesmo tempo, produto e produtor de novos impactos. Como produto, atua como novo condicionante do processo no momento seguinte.” (p: 25).

Desta maneira, verifica-se o estabelecimento concreto de diversas relações entre a natureza (primeira) e a sociedade, profundamente marcada pelo processo unidirecional de transformação diferenciado e dinâmico, onde o homem ao mesmo tempo é sujeito modificador e modificado do e no meio no qual se insere.

Todavia, há de se ter muita precaução quanto à proposição de afirmações e conclusões sobre os problemas inerentes à intensificação de fenômenos e fatos geomórficos naturais, como os movimentos de massa. Para tanto, deve-se evitar, a priori, a associação simplista e/ou determinística que comumente apontam os moradores/ocupantes das vertentes dos morros como únicos vetores a contribuir com a degradação do meio utilizado, pois: *“o impacto ambiental não é, obviamente, só resultado de uma determinada ação realizada sobre o ambiente; é relação de mudanças sociais e ecológicas em movimento”* (COELHO, 2005, p.25).

Assim, faz-se importante, do ponto de vista do entendimento das potencialidades e fragilidades do meio, a busca por sua apreensão, qualificação e entendimento em relação às mudanças sociais e ecológicas nele operadas. Estas devem ser consideradas tanto no espaço como no tempo, sendo necessária para tal a construção de hipóteses ou conjecturas que auxiliem aplicação das metodologias elencadas para a resolução dos problemas recorrentes.

## 5.2 A COMPLEXIDADE DA QUESTÃO DA OCUPAÇÃO RECENTE DAS ENCOSTAS DE VITÓRIA

O relevo condizente a porção insular principal do município de Vitória é constituído por aspectos fisionômicos caracterizados por diversos morros, morrotes e colinas, com vertentes de considerável inclinação. Estes são sustentados em alguns setores por fácies de espessa cobertura pedológica em contraposição a ocorrência de afloramentos rochosos, denotando certa heterogeneidade quanto aos aspectos morfológicos e geoambientais da ilha.

As características geológico-geotécnicas da Ilha de Vitória, aliadas à ocupação desordenada, mostram um quadro de risco que, com o avanço da ocupação, vêm ressaltando os aspectos antrópicos modificadores do meio físico como os maiores geradores de risco. Têm-se tornado bem comuns acidentes gerados por acúmulo de lixo em talvegues, escavações em taludes para construção de moradias ou

subdimensionamento de “muros de arrimo” executados pelos próprios moradores de áreas instáveis.

Em plena associação a tal conformação ambiental, se consubstancia de maneira marcante na paisagem da Ilha de Vitória, em especial na área condizente ao Maciço Central, a existência de setores densamente ocupados por diversas atividades antrópicas cotejadas por fragmentos territoriais onde sobressai a cobertura vegetal de Mata Atlântica em estágios diversos de regeneração. Contudo, contempla-se a associação de setores territoriais amplamente degradados em função do desenvolvimento de atividades pretéritas e contemporâneas impactantes sobre os recursos naturais como, vegetação, fauna, solo, água e o ar, frente à presença de áreas protegidas ou remanescentes “naturais”, comumente representados por parques e APA's.

Fenômeno sócioambiental de grande vulto se consolidou na paisagem “acidentada” de Vitória por meio da dinâmica de ocupação de suas porções mais íngremes, que veio a sofrer um momento de maior intensidade a partir dos anos 70 do século passado. Tal fato deve-se, em primeira instância, às modificações na estrutura agrária e urbana brasileira que ocorreram de forma mais contundente no referido decênio, onde se observava, no caso capixaba, forte ligação com a questão da monocultura do café e o processo de urbanização e industrialização acelerado no período em questão (CAUS, 2007).

Constitui fato de extrema importância no campo à execução da política de erradicação dos cafezais posta em prática nos meados de 1960 pelo Governo Estadual em cumprimento as determinações advindas do Governo Federal. Tal medida contribui, em tese, para disponibilização de um quantitativo significativo de mão-de-obra, que em muitos casos tinha como destino certo o “alistamento” nas atividades comerciais, industriais e da construção civil na cidade de Vitória e nos municípios vizinhos à capital.

O surgimento de empreendimentos de grande porte econômico em Vitória contribuiu, no período recorrente, para com a atração de mão-de-obra advinda não apenas do campo, mas também, dos municípios limítrofes a capital – hoje região



metropolitana – e de outras cidades da região sudeste, tendo como expoente nas diversas atividades, a implantação da Companhia Siderúrgica de Tubarão (CST) na região continental da ilha.

Com relação ao breve quadro socioeconômico acima aludido, constatou-se, grosso modo, que nos últimos setenta anos - e em especial entre os decênios de sessenta a oitenta - ocorreram consideráveis acréscimo no percentual quantitativo populacional do município de Vitória, conforme pode ser observado na Tabela 5.2-1 a seguir.

**Tabela 5.2-1: População Residente no Município de Vitória entre os Anos de 1940 e 2008.**

| Ano  | População | Crescimento (%) |
|------|-----------|-----------------|
| 1940 | 45.212    | -               |
| 1950 | 50.922    | 12,63           |
| 1960 | 83.351    | 63,68           |
| 1970 | 133.019   | 59,59           |
| 1980 | 207.747   | 56,18           |
| 1991 | 258.777   | 24,56           |
| 1996 | 265.874   | 2,74            |
| 2000 | 291.889   | 9,78            |
| 2008 | 314.042   | 7,59            |

Fonte: Instituto de Pesquisa do Estado do Espírito Santo – IPES (2009).

Tal dinâmica demográfica potencializou a pressão antrópica sobre a disponibilidade e qualidade dos recursos naturais, que de certa maneira se reproduz até os dias atuais.

Conforme dados apresentados pela Secretária Municipal de Habitação de Vitória (SEHAB), aproximadamente 38% da população de Vitória se encontram em áreas de risco à ocorrência de eventos geológico-geotécnicos, o quê inclui um quantitativo considerável de habitações e populações em tal situação. Estas áreas foram classificadas pela citada secretaria de acordo com os níveis de risco recorrentes (Alto, Médio e Baixo), sendo seus resultados demonstrados na Tabela 5.2-2.

**Tabela 5.2-2: Número de Habitações e de População Residente em Áreas de Risco no Município de Vitória.**

| Risco         | Habitações    | População residente |
|---------------|---------------|---------------------|
| Alto          | 3.784         | 15.136              |
| Médio         | 3.150         | 12.600              |
| Baixo         | 22.799        | 91.196              |
| <b>Totais</b> | <b>29.733</b> | <b>118.932</b>      |

Fonte: Secretaria Municipal de Habitação de Vitória (SEHAB), 2008.

A ocupação das partes mais altas e íngremes dos morros de Vitória fora feita essencialmente por população de baixa renda, em lotes diminutos, constituindo em diversos setores, pequenos aglomerados urbanos sem um mínimo de ordenamento e/ou consideração quanto à viabilidade técnica e ambiental frente a ocupação de tais setores do modelado.

As dificuldades financeiras faziam parte, na maioria dos casos, da realidade daquele contingente de migrantes oriundos do interior Capixaba e de outras unidades da federação, fato que se associava à inexistência ou a pouca expressão de políticas públicas voltadas à implantação de uma estrutura urbana que atendesse de forma satisfatória tal demanda por novos assentamentos.

Em consonância a dinâmica de ocupação de Vitória, desenvolveu-se inúmeras ações de caráter modificador e, em certos casos, degradador do meio físico e biótico em questão. Estes são conformados fundamentalmente pelas queimadas, supressão parcial ou total da vegetação original e remoção/corte da cobertura pedológica, desde as encostas mais íngremes até aos fundos de vale.

Tais intervenções surgem, na maioria dos casos, como um reflexo direto e indireto derivativo do processo de implantação de infra-estruturas urbanas precárias e/ou insuficientes. Estas, comumente, foram concebidas e operacionalizadas inicialmente pelos próprios ocupantes destas “novas áreas” urbanas, não havendo assim um balizamento das atividades de crescimento da malha urbana pautada no planejamento do uso e da ocupação do solo.

Ocorrerá de forma marcante no entorno do Maciço Central de Vitória inúmeras intervenções em sua constituição biofísica, mormente, relacionadas à execução de benfeitorias estruturais no objetivo de construir e/ou retificar vias de acesso, entre outros aparatos urbanos. Estas atividades proporcionaram de modo geral a modificação e remoção de vegetação original, assim como de materiais inerentes as vertentes em virtude da realização de aterros, redes de saneamento básico, entre outros serviços. Tais fatos contribuíram para a complexidade ambiental do espaço em questão e de seus possíveis reflexos quanto a essa nova configuração territorial pós anos 1980.

A partir deste fértil cenário, onde se conjugam historicamente diversas tipologias de uso e ocupação do solo, de idades e dinâmicas distintas, cria-se um ambiente propício à incidência e/ou intensificação de fenômenos geomorfodinâmicos severos, fundamentalmente representados por deslizamentos e queda de materiais geopedogenéticos diversos.

Estes fenômenos, na maioria dos casos, possuem sua gênese fundada na inexistência de um planejamento apurado e condizente as formas pretéritas e atuais de uso e a ocupação do solo, principalmente no que condizem as áreas reconhecidas como ambientalmente frágeis e, por sorte, protegidas por legislação específica. Estas normalmente são representadas pelos setores mais elevados e escarpados do relevo local, visto as condições geotécnicas adversas aos quais os materiais constituintes das vertentes são submetidos ou encerrados em relação às áreas mais baixas.

Para que se possa realizar de fato a implantação de um planejamento físico-territorial mais adequado para a área em questão, deve-se, antes de qualquer coisa, levar em conta as potencialidade e fragilidades do meio em questão. Estes devem estar fundados no pleno conhecimento das características geobiofísicas regionais em associação as peculiaridades sócio-econômicas derivadas dos processos de produção/reprodução do espaço geográfico.

Para tal, faz-se necessário aplicar a realidade abarcada numa perspectiva integradora que perpassasse pelo âmbito das ciências ligadas a natureza e a

sociedade, no qual a Geografia Física tem papel de destaque na função de “*carrefour*” (ponto de encontro) para uma ótica integrativa do meio, isto é, dos fatos físicos, bióticos, antrópicos.

Contudo, a contribuição da Geografia Física e de seus subcampos, neste caso em específico da Geomorfologia, terá como aspecto fundamental extrair informações, características e cenários que auxiliem a elaboração e proposição de modos e padrões mais adequados para com o uso racional dos recursos naturais, especificamente, a questão do uso e da ocupação do solo no meio urbano.

Todavia, faz-se hoje necessário, no âmbito da Geomorfologia, uma maior aproximação quanto à compreensão das intensidades e extensividades referentes às interferências derivadas das ações antrópicas em relação aos aspectos geodinâmicos e geomórficos Quaternários, em especial, no que concerne a indicação e caracterização de áreas ou setores territoriais relacionados ao desequilíbrio eminente e potencial do meio em questão.

Para que os preceitos acima citados sejam alcançados de maneira satisfatória no âmbito do planejamento físico-territorial, há de se adotar no bojo do presente estudo, metodologias e técnicas de análises de caráter híbrido. Estas têm como objetivo promover adequadamente a coleta, tratamento, correlação e exposição (síntese) de dados, informações e características geomorfológicas de modo integrado as tipologias de uso e ocupação do solo da área de estudo, como a paisagem em questão o exige, em sua pluralidade e complexidade intrínseca, onde se destaca a perspectiva integradora do meio ambiente.

## 6 O CORPO DAS HIPÓTESES

Apresenta-se como cerne hipotético da presente proposta de estudo à afirmação da existência de setores territoriais do relevo que se apresentam potencialmente mais instáveis do que outros em função da combinação de fatores ambientais específicos. Estes podem ser definidos ou levantados através dos processos de coleta, registro, análise e integração de aspectos geomorfológicos, pedológicos, lito-estruturais, fitogeográficos e climáticos em associação as diversas tipologias de uso e ocupação do solo contidas num determinado meio.

A propagação ou recorrência de eventos geomorfodinâmicos de grande magnitude, bem como sua possível intensificação, consistem em fortes evidências do ponto de vista da indicação ou classificação de áreas ou setores do relevo com alto grau de instabilidade morfodinâmica potencial. Assim, a verificação de tal grau encontra-se relacionada à aspectos morfométricos, morfológicos e morfográficos inerentes ao modelado, representados no presente estudo pela conjunção entre os valores de inclinação (clinometria), morfologia das vertentes/encostas, constituição e condição dos materiais e estruturas que sustentam as vertentes.

Contanto, esse conjunto de elementos físico-naturais não deve ser analisado de forma isolada do contexto sócio-ambiental no qual se insere determinado fragmento do modelado, visto que seu menor ou maior potencial de instabilidade sofre influência direta e, em certos casos, decisiva das tipologias de uso e ocupação do solo.

Tais tipologias impõem de forma direta e indireta modificações substanciais na estrutura físico-química dos materiais superficiais e subsuperficiais, que, associados aos eventos pluviométricos, contribuem para deflagração e/ou reativação de processos morfodinâmicos sobre as vertentes. Estes processos são tidos aqui como um claro sinal da busca constante de equilíbrio entre as forças externas e internas que atuam no sistema vertente e, conseqüentemente, na evolução do modelado como um todo.

A dinâmica comportamental das formas de relevo se encontra intimamente correlacionado aos processos geobioquímicos de modificação e translocação dos materiais e minerais presentes *in situ*. Estes são dependentes das características físicas inerentes à distribuição da água pelas vertentes, antes, durante e após os eventos pluviométricos, fato que tais processos são responsáveis pela alteração das condições iniciais ou pretéritas de equilíbrio das vertentes.

Tal conjunção de fatores pode resultar no desencadeamento de severas atividades erosivas e de deslocamento de volumes de materiais em setores do relevo com maior potencial energético em direção a áreas de menor energia.

Em suma, esses fenômenos são correlatos à busca de novos perfis de equilíbrio das formas, face às novas e diversas imposições derivadas das intervenções antrópicas, associadas a eventos pluviométricos com características específicas de frequência e magnitude.

Portanto, é necessário, em vista da busca de uma aproximação da indicação de áreas de maior ou menor instabilidade morfodinâmica potencial do relevo, a proposição e construção de uma estrutura metodológica voltada ao estudo integrado de alguns aspetos do meio biótico, abiótico e antrópico. Esta deve obter como resultado de todo o processo de construção e emprego, a elaboração de um modelo físico de cunho sintético, aqui denominado genericamente de Carta de Instabilidade Potencial do Relevo. Tal carta terá como principal objetivo a predição ou indicação de áreas/setores do modelado em estudo onde se faz importante propor ou efetivar intervenções de caráter preventivo e/ou mitigador de problemas de caráter geomorfodinâmicos, já instados, ou que podem ainda surgir, caso se mantenham as condições ambientais e de usos do solo atuais.

## 7 METODOLOGIAS E MÉTODOS EMPREGADOS

A ciência moderna por meio da construção de paradigmas e de modelos teóricos intenta a luz a razão e das técnicas auxiliares compreender e explicar certos conjuntos de fenômenos, sendo eles sociais, econômicos, ambientais etc. Assim, a ciência possui em seu élan a necessidade primordial (mas não única) de resolver problemas, que possuem sua origem na própria atividade reflexivo-filosófica desenvolvida pelo homem frente à curiosidade ou necessidade de entender de forma clara, onde, como, porque e para quê tal ou tais fenômenos ocorrem.

A construção e aplicação do método científico em conjunto com suas perspectivas teóricas que permeiam pensar/refletir sobre os fenômenos, possibilitam ao homem - dentro da lógica científica – atingir, por meio de metodologias e técnicas derivadas, conhecimentos válidos ou verdadeiros que sejam cientificamente corroboráveis ou refutáveis, se distanciando, assim, do que se conhece como senso comum.

Para Lakatos & Marconi (1991) o método científico consiste no conjunto das atividades sistemáticas e racionais que, com maior segurança e economia, permite alcançar o objetivo – conhecimentos válidos e verdadeiros -, traçando o caminho a ser seguido, descartando erros e auxiliando as decisões do cientista.

De acordo com Karl R. Popper (1975) *apud* Lakatos & Marconi (1991), o método científico tem como partida o estabelecimento de um problema que demanda uma solução provisória que necessita passar por um processo de verificação em busca de se extinguir o(s) erro(s) contido(s) na explicação ou hipótese, podendo assim serem corroboradas ou refutadas.

Sobre tal perspectiva inerente ao método, o autor acima citado explana que:

“[...] o método científico parte de um problema, ao qual se oferecesse uma espécie de solução provisória, uma teoria-tentativa, passando-se depois a criticar a solução, com vista à eliminação do erro e, tal como no caso da dialética, esse processo se renovaria a si mesmo, dando surgimento a novos problemas.” (p: 95).

Um das perspectivas de método a qual o presente estudo se afeiçoa, consiste nas proposições estabelecidas por Popper em relação ao método hipotético-dedutivo.

Conforme Popper (1975) *apud* Lakatos & Marconi (1991), as etapas ou momentos relacionados à pesquisa científica através do método hipotético-dedutivo, devem conter os seguintes pontos de ancoragem ou momentos investigatórios:

- 1- problema que surge, em geral, de conflitos ante expectativas e teorias existentes;
- 2- solução proposta consistindo numa conjectura (nova teoria): dedução de consequências na forma de proposições passíveis de teste; e,
- 3- testes de falseamento: tentativas de refutação, entre outros meios, pela observação e experimentação.

Para aquele autor, toda a investigação advém de algum problema teórico/prático surgido ou sentido pela coletividade da sociedade devido à quebra das expectativas já sedimentadas ou consolidadas, tanto pela comunidade científica, como pela própria sociedade. Tal rompimento, ou quebra, leva ao surgimento de dificuldades ou problemas que vão desencadear a demanda pela pesquisa.

Esta demanda indicará o que é mais ou menos importante para investigação, assim como os dados e informações que devem ser selecionados. Porém, este processo seletivo necessita do levantamento de diretivas aliadas à resolução ou explicações dos problemas analisados por meio da construção de hipóteses, conjecturas e/ou suposições, que servirão de guia ao pesquisador.

Assim, a ciência parte de problemas, e esses problemas aparecem nas tentativas que fazemos para compreender o mundo através das experiências. Estas partem das expectativas, teorias e dos conhecimentos originados da observação – embora se considere que não exista conhecimento derivado da observação pura, sem mescla de teorias e expectativas.



Popper (1975) *apud* Lakatos & Marconi (1991) destaca que o estabelecimento de conjecturas no bojo da pesquisa tem como função explicar ou prever o quê despertou a curiosidade intelectual ou dificuldade teórica e/ou prática emanada pela sociedade. Assim, uma conjectura consiste numa solução provisória passível de teste direto e indireto em relação a suas conseqüências. Tal solução pode se dar sempre de maneira dedutiva, tendo como processo lógico as tentativas de falseamentos das hipóteses.

As tentativas de falseamentos podem ser realizadas por meio de teste que tem como objetivo principal a eliminação de erros, tomando-se como ferramenta a observação e a experimentação. Por meio deste artifício busca-se tornar falsas as conseqüências deduzidas ou deriváveis da hipótese. Contanto, se a conjectura resistir a testes rígidos de verificação, a hipótese e suas conjecturas associadas serão corroboradas.

De forma conjunta a observação do método hipotético-dedutivo proposto Popper, desenvolve-se também na presente pesquisa a inserção de uma perspectiva voltada à quantificação dos fatos/fenômenos relacionados à problemática levantada. Assim, achou-se necessário e conveniente aportar-se ao método estatístico, em específico no que condiz ao Processo de Análise Hierárquica (AHP) proposto por Saaty (1980) para análise de cenários complexos por meio do auxílio à tomada de decisão.

Lakatos & Marconi (1991) destaca que os processos estatísticos possibilitam, a partir de operações lógico-matemáticas de conjuntos de fatores complexos, estabelecer representações sintéticas da realidade, no intento de constatar se essas verificações ou deduções possuem relações fidedignas com os fatos concretos.

Esta claro para alguns geógrafos que a quantificação é inextrincavelmente entrelaçada a teoria. O cerne do método científico é a organização dos fatos em teorias e a experimentação e aperfeiçoamento da teoria por meio de sua aplicação à previsão de fatos desconhecidos. A previsão é não só um valioso subproduto da construção teórica, como também um teste pelo qual a validade da teoria é demonstrada. Qualquer que seja a motivação, a capacidade de prever corretamente é um teste seguro da profundidade de nossa compreensão. (BURTON, 1977)

Com relação ao emprego da matemática na compreensão dos fenômenos da natureza, Burton (1977) destaca que em função da necessidade de concordar com os preceitos rigorosos inerentes ao método científico e a imperiosidade de melhorar a teoria e de testá-la através da previsão, tem-se na matemática um bom instrumento para tal fim. Outros instrumentos como línguas, mapas e lógica simbólica, são também úteis e, em alguns casos, bastante adequados. A quantificação da teoria e o uso da matemática para exprimir relações podem ser apoiados em duas bases principais, sendo a primeira condizente ao seu rigor científico, e a segunda em sua relevância sobre as demais técnicas, constituindo assim uma ajuda considerável para evitar a auto-ilusão.

No que condiz ao emprego de técnicas estatístico-cartográficas na Geografia e sua importância para dedução de hipóteses, Robson, *et. al.* (1955) *apud* Burton (1977) impõem de modo enfático que:

(...) as técnicas estatístico-cartográficas usadas podem ser empregadas apropriadamente após o estabelecimento de “hipóteses descritivas” experimentais respeitando as mutualidades que possam existir entre as distribuições de uma área, deduzidas através do estudo de mapas individuais e outros tipos de dados. Os coeficientes de correlação e índices conexos proporcionam informes quantitativos gerais do grau de validade de cada hipótese (p.75).

Para o teórico da Geografia Quantitativista, F. Schaefer (1977), o geógrafo sistemático, estudando as relações espaciais entre um número limitado de categorias de fenômenos chega por um processo de abstração as leis que representam situações ideais ou modelares, quer dizer, situações que são artificiais, dado que apenas um número relativamente reduzido de fatores está causalmente operando em cada situação.

As observações e as diferenças qualitativas são apenas o prelúdio de medições de uma ordem mais elevada em escala ordinal, de intervalo ou proporcional. Ainda que a quantificação na geografia seja mecanicista, as novas técnicas em uso e outras

em desenvolvimento estão de acordo com a tendência contemporânea na ciência de serem probabilística. (BURTON, 1977)

De acordo com Hartshorne (1958), para elevar o pensamento ao nível do conhecimento científico é necessário, com o máximo de objetividade e exatidão, determinar correlações de fenômenos com o grau máximo de certeza. Ambos os objetivos podem ser mais bem alcançados se os fenômenos puderem ser descritos completa e corretamente por medições quantitativas e estas puderem ser submetidas a comparações estatísticas através da lógica da matemática.

Portanto, os métodos estatísticos estariam relacionados a uma redução necessária dos fenômenos abordados a termos quantitativos, e a manipulação com fins na concretização objetiva da análise de objetos complexos, ou seja, constituídos de multivariáveis e diversos aspectos de inúmeras naturezas (social, política, física, ambiental, etc.).

Assim, a estatística pode ser considerada mais do que apenas um meio de descrição racional de certo objeto (sociedade, natureza...), consistindo, de forma exemplar, num método de experimentação e prova quando inexistem, ou não são possíveis, as realizações de observações ou experimentos em campo e/ou em gabinete, tanto de caráter dedutivo como indutivo.

## 7.1 METODOLOGIAS E ASPECTOS AMBIENTAIS UTILIZADOS NO MODELO

A proposta de estudo aqui desenvolvida e apresentada possui como associação, teorias, métodos, conceitos e técnicas discutidas e defendidas no âmbito da Geografia Física, mais especificamente no que se refere ao escopo da Geomorfologia, tendo sua prática pautada nas condições ambientais inerentes aos trópicos úmidos, no qual se insere a área de estudo.

Fundamentalmente, tomaram-se para o desenvolvimento deste a observação, registro e análise integrada de aspectos qualitativos e quantitativos relacionados ao relevo, em associação a outras condicionantes ambientais e as intervenções sócio-reprodutoras, representadas aqui nas tipologias de uso e ocupação do solo.

Especificamente às formas de relevo da Unidade Topomorfológica Tabuazeiro e sua dinâmica, foram levantados, selecionados, tratados e integrados, dados e informações derivados de alguns aspectos morfológicos, morfométricos, morfográficos e morfodinâmicos, tidos aqui como essenciais para a construção e análise da CIPRE.

Para a concretização dessa proposta fez-se também necessário considerar o homem como agente modificador/transformador do meio em qual se insere. Este, organizado em sociedade, induz modificações/alterações perante a uma “primeira natureza”, modelando a paisagem conforme suas intenções, obedecendo comumente os limites impostos pelo desenvolvimento das técnicas de produção do espaço, sendo este específico a seu grupo no decorrer de certo período de tempo (SANTOS, 1985).

Busca-se aqui como resultado central, a caracterização da vulnerabilidade da paisagem em questão perante a configuração ambiental atual, tendo o relevo como componente básico de análise e síntese. Tal busca tem como pano de fundo um arcabouço epistemológico e metodológico fundado numa certa mescla de influências de tendências ou correntes de pensamento e estudo da Geomorfologia consideradas distintas do ponto de vista de abordagens, especificamente no que se refere à corrente Anglo-Americana e Germânica. Tal mosaico epistemológico e metodológico encontra certa correlação com o Quadro Filogênico da Teoria Geomorfológica, apresentado e discutido por Abreu (1983), ilustrado na Figura a seguir.

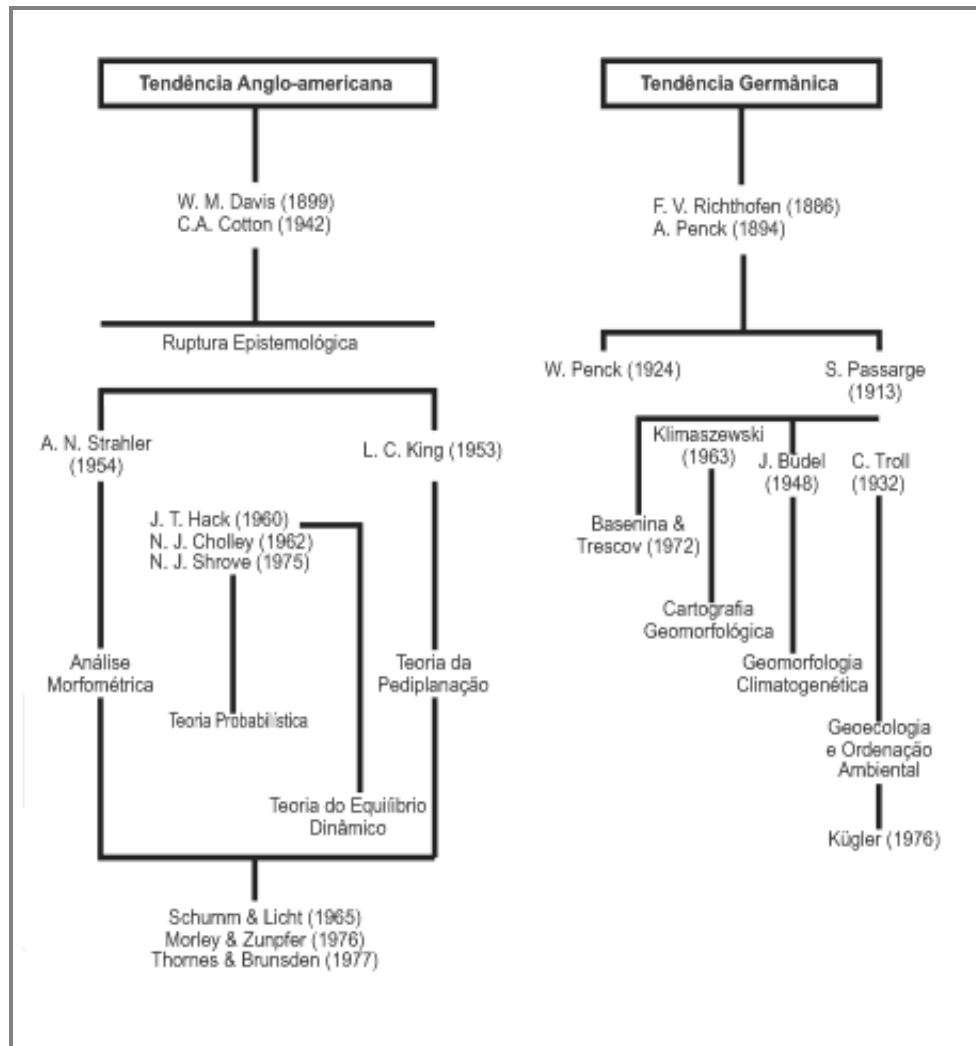


Figura 7.1-1: Filogênese da Teoria Geomorfológica (simplificada). Fonte: Abreu (1983).

A tendência Anglo-Americana contribui no presente estudo com a abordagem e o registro de aspectos morfométricos do relevo e com o emprego de ferramentas matemático-estatísticas na fase de integração dos aspectos relevantes para o modelo de instabilidade potencial do relevo (CIPRE). A abordagem de caráter Anglo-Americana é fundada essencialmente no pragmatismo, matematização e na modelagem como elementos teóricos e técnicos fundamentais para a compreensão da evolução do modelado, se aproximando, deste modo, dos estudos geomorfológicos, mais da Geologia Estrutural e da Hidrologia, o que provocará certo distanciamento entre a Geomorfologia e a Geografia.

A perspectiva Germânica em seu bojo teórico e conceitual conduz *latu sensu*, a caminhos distintos em relação á corrente Anglo-Americana, no qual se observa uma

maior proximidade entre a Geomorfologia e a ciência geográfica. Esta proximidade se dá, principalmente, no âmbito da valorização da perspectiva filosófica integradora, tanto da primeira como da segunda natureza, em específico, no que condiz aos estudos integrados do meio comumente fundados nos estudos Geoecológicos e de Fisiologia da Paisagem, sendo estes relevantes para o desenvolvimento da metodologia proposta no presente estudo.

A perspectiva Geoecológica e de Ordenação Ambiental é explanada e defendida em diversas obras e autores filiados a corrente geomorfológica de origem Germânica, tendo como destaque para S. Passarge (1913), C. Troll (1932), Kugler (1976) *apud* Abreu (1983), e, em especial, para a obra de Tricart (1977) denominada de “*Ecodinâmica*”. Tal trabalho possui como cerne teórico e metodológico a classificação da paisagem em relação ao seu respectivo grau de instabilidade do meio, que se encontra diretamente atrelada à idéia de balanço morfogenético derivativo do binômio pedogênese-morfogênese, caracterizando, segundo o mesmo autor, os estágios fitoestásicos ou fitorresistásticos para determinação da parcela ou do conjunto da paisagem.

Deste modo, explana-se abaixo, de modo sintético, o conjunto de métodos (metodologia) e variáveis abordadas para a plena efetivação dos objetivos propostos, assim como alguns dos referenciais teóricos associados a tais perspectivas.

#### **7.1.1 Os Três Níveis de Abordagem para o Estudo do Relevo**

Faz-se fundamental, em virtude da uma proposta de análise integrada da dinâmica de evolução das formas de relevo, o estabelecimento de um quadro de estudo que abarque os três níveis de abordagem considerados por Ab' Sáber (1969) como essenciais para o desenvolvimento da pesquisa geomorfológica, sendo eles:

- a compartimentação da topografia regional, bem como a caracterização e descrição precisa das formas e dos compartimentos do relevo estudados;

- o levantamento e a análise da estrutura superficial da paisagem - bem como sua associação com eventos paleoclimáticos e paleoambientais; e,
- a compreensão do funcionamento da dinâmica atual da paisagem através da delimitação dos fenômenos climáticos, biológicos e morfológicos recentes.

Essa proposta tripartite pertence a um conceito de Geomorfologia voltado a pesquisas sobre o Quaternário, em específico no que condiz aos territórios contidos nos trópicos úmidos, tendo como objetivo principal propor uma “ordem” conceitual frente à multiplicidade de enfoques e metodologias existentes neste ramo do conhecimento científico.

A compartimentação topográfica concerne na individualização de um conjunto de formas com características semelhantes, conduzindo a afirmação de que estas foram elaboradas em certas condições morfogenéticas ou morfoclimáticas, revelando assim relações lito-estratigráficas ou que tenham sido submetidas a eventos tectodinâmicos.

Com relação ao primeiro nível de abordagem proposto por Ab' Sáber (1969), o mesmo se apresenta como essencial no que se refere ao processo de compartimentação da topografia local em associação a mensuração de suas respectivas formas, por meio do processo de levantamento de características e aspectos morfométricos inerentes ao relevo. Dentre eles pode-se destacar como relevantes, para a melhor compreensão das condições evolutivas do relevo, os aspectos clinométricos (declividade), hipsométricos, assim como o comprimento médio das vertentes e a densidade de drenagem apresentada pelo modelado.

A interpenetração das distintas forças no decorrer do tempo conduz à caracterização das formas de relevo, da condição topográfica ou altimétrica e da presença de traços genéticos comuns como fatores de identificação/individualização do conjunto.

O processo de evolução do modelado, cujas particularidades proporcionam a especificidade de compartimentos, resulta do jogo de forças contrárias praticados entre os agentes internos - representados pelas estruturas, que levam em conta o comportamento lito-estratigráfico e tectônico - e pelos agentes externos, inerentes

aos mecanismos morfogenéticos onde os componentes climáticos possuem forte relevância.

No segundo nível de abordagem estabelecido por Ab' Sáber (1969), evidencia-se a importância da constatação, registro e análise dos aspectos morfográficos e morfológicos inerentes aos compartimentos delimitados ou definidos, trazendo para o escopo do presente estudo a análise dos aspectos relacionados à estrutura superficial e morfologia da paisagem. Tal análise deve ser pautada na verificação e classificação de elementos como, litologias/afloramentos de rocha e materiais pedogenéticos (solos), em associação às conformações geométricas inerentes às vertentes.

Tal conjunto de aspectos é considerado importante do ponto de vista ambiental, pois o seu contato/interação direto com a hidrosfera, atmosfera e biosfera, constitui, grosso modo, a ossatura sustentadora do modelado terrestre, sendo esta fundamental para pleno suporte ao desenvolvimento tanto das atividades bióticas como antrópicas.

Pertence ainda ao segundo nível de abordagem da pesquisa geomorfológica, o estudo dos aspectos cronogeomorfológicos e dos processos paleoclimatológicos. Estes possuem relevância no estabelecimento de proposições interpretativas sobre a dinâmica Quaternária, especificamente no que condiz a sua implicação na gênese e evolução das atuais formas de relevo.

Porém, dentro do escopo metodológico e técnico-operacional deste estudo, não foi levado a cabo o levantamento e tratamento de informações sobre tais aspectos. O motivo reside particularmente nas dificuldades de acesso - dentro e fora da Universidade - a aparatos instrumentais e corpo técnico qualificado, necessários ao levantamento e análise de tais informações, e, também, por se fazerem dispensáveis no presente momento em relação aos objetivos traçados para o desenvolvimento da presente metodologia.

O terceiro nível de abordagem da pesquisa geomorfológica “(...) se refere ao estudo das condicionantes e dos fatores morfogenéticos e pedogenéticos atuais, por meio



*da observação da dinâmica climática vigente, medidos e controlados por instrumentos de precisão”* (AB’ SÁBER, 1969, p. 02). A fisiologia da paisagem tem por objetivo compreender a ação dos processos morfodinâmicos contemporâneos, inserindo-se na análise o homem como sujeito modificador/interventor na dinâmica inerente aos diversos fluxos de matéria e energia presentes no meio.

A perspectiva de estudo da fisiologia da paisagem tem origem no ideário epistemológico da geomorfologia de escola alemã, principalmente, fundamentadas nas idéias e preceitos desenvolvidos por S. Passarge no início do século XX. Tal método de estudo integrado do relevo busca avaliar e contextualizar os processos morfodinâmicos atuais, considerando de acordo com as exposições de Kügler (1976) *apud* Casseti (2006):

[...] suas propriedades geoecológicas e sócio-reprodutoras, onde o processo de apropriação do relevo pelo homem, seja como suporte ou recurso, responde pelo desencadeamento de reações que resultam no comportamento do modelado, considerando os efeitos morfodinâmicos convertidos em impactos. (p: 23).

O estudo da fisiologia da paisagem tem por objetivo “entender os processos morfoclimáticos e pedogênicos atuais”. Refere-se, portanto, ao estudo da situação do relevo atual, fruto das relações morfodinâmicas resultantes da consonância entre os fatores intrínsecos, ou seja, inerentes ao próprio relevo, e os fatores extrínsecos, dando ênfase ao uso e ocupação do modelado enquanto interface das forças antagônicas.

Tal perspectiva metodológica parte do princípio de que praticamente toda superfície tenha sido apropriada de alguma forma pelo homem, o referido nível necessariamente incorpora as transformações produzidas e conseqüentes intervenções nos mecanismos morfodinâmicos, como a alteração na intensidade do fluxo por terra, refletindo diretamente no comportamento do relevo.

Embora a fisiologia da paisagem centre atenção no momento histórico atual, não deixa de levar em consideração os resultados dos mecanismos associados ao tempo geológico, responsável pela evolução do relevo, expresso na compartimentação topográfica e nos depósitos correlativos à estrutura superficial. Assim, o desenvolvimento do terceiro nível de abordagem do relevo pressupõe conhecimento dos dois níveis antecedentes, ou seja, aspectos morfométricos e morfográficos da área de estudo.

O estudo do estágio atual dos processos erosivos deve levar em consideração a evolução histórico-geomorfológica do relevo. Para entender o significado das abordagens precedentes é necessário admitir que a conformação atual do relevo, ou da vertente enquanto categoria deste, resulta das relações processuais ao longo do tempo, considerando uma determinada situação topomorfológica e suas características estruturais (CASSETI, 2006).

Inserem-se na abordagem da fisiologia da paisagem informações sobre os depósitos correlativos, os quais se encontram associados aos mecanismos morfogenéticos pretéritos e atuais. Estes, além de oferecerem subsídios cronológicos à reconstituição da evolução do relevo, se constituem em importantes elementos das formações superficiais e das relações morfopedogênicas vigentes.

É natural que a apropriação do relevo pelo homem, como recurso ou suporte, implique transformações substanciais, tanto na “anulação” dos processos morfodinâmicos, a exemplo da impermeabilização de superfícies, como na aceleração destes, considerando o próprio desmatamento, produzindo modificações em curto espaço de tempo.

Para Casseti (2006) “(...) o conceito de fisiologia da paisagem pode ser sintetizado a partir da abordagem da teoria biorresistásica de Erhart (1958), bem como pela noção de ecodinâmica apresentada por Tricart (1977), que culmina com a caracterização do grau de estabilidade dos diferentes meios” (p.24).

A perspectiva de proposição da caracterização e definição empírica dos distintos meios através da indicação de seus respectivos graus de estabilidade ou

instabilidade, condiz com o cerne metodológico do estudo aqui apresentado. Este consiste no ponto teórico central da construção e análise da Carta de Instabilidade Potencial do Relevo.

Assim, devem ser consideradas, em relação ao estudo da fisiologia da paisagem, as transformações e alterações induzidas pelo homem na sua breve história sobre certa parcela territorial (uso e ocupação do solo), visto que ele impõe em níveis distintos, tanto diretamente como indiretamente, diversos impactos em relação ao meio natural. Estas interferências antrópicas se consubstanciam pela classificação das tipologias de cobertura vegetal, edificações/infra-estruturas, entre outros aspectos condizentes a ação material da sociedade sobre determinada paisagem.

Propõem-se no corpo desta pesquisa em relação ao estudo da fisiologia da paisagem, estabelecer sistematicamente um processo qualitativo de observação e registro dos processos morfogenéticos/morfodinâmicos recorrentes na Unidade Topomorfológica Tabuazeiro. Tais informações serão integradas analiticamente ao modelo de Instabilidade Potencial do Relevo em vista de se correlacionar suas recorrências no espaço frente à configuração ambiental do meio.

Uma das principais dificuldades inerentes à sistematização do estudo da fisiologia da paisagem se concentra na questão da quantificação e qualificação das inúmeras interferências impostas ao meio natural, originadas das atividades sócio-econômicas, visto que estas variam, tanto de intensidade como extensividade, conforme o tipo de ação atual e características ambientais antecedentes a estas interferências.

Tal perspectiva diz respeito não apenas ao momento atual, mas também no que condiz a subatualidade do cenário evolutivo do modelado terrestre, levando-se conta os processos morfodinâmicos recorrentes na área abarcada. Desta maneira, deve-se adicionar neste quadro a apreensão do significado dos eventos pluviométricos condicionados por um domínio morfoclimático específico para o setor territorial a ser considerado.

Porém, no escopo metodológico elaborado para o desenvolvimento do presente estudo, não fora levado a cabo a inclusão de dados e informações climatológicas referentes à área de estudo, devido aos seguintes motivos:

- incompatibilidade temporal e escalar dos dados e informações disponíveis nas diversas fontes de pesquisa, necessitando assim, de mensurações de campo quantitativamente e qualitativamente mais apuradas, o quê demanda um período de tempo muito longo de observação e análise, excedendo, deste modo, os prazos estipulados para apresentação do relatório final;
- inexistência na estrutura de apoio técnico-operacional voltados a produção de dados climatológicos a nível de meso e microclima; e,
- também, devido a contribuição pouca expressiva de tais informações para o atendimento dos objetivos específicos propostos no presente estudo.

Os exercícios de observar, registrar e analisar em conjunto os elementos pertinentes à dinâmica da paisagem, em específico sua “fisiologia”, apresentam-se intimamente associados aos aspectos e fatos verificados e apreendidos nos dois níveis de abordagem aqui apresentados. Assim, fora necessário desenvolver no bojo da presente pesquisa, uma perspectiva metodológica integradora que abranja a análise das formas de relevo e de seus respectivos processos conformadores.

### ***7.1.2 A Taxonomia dos Fatos de Relevo Local***

Em consonância aos métodos elencados até o presente momento, adicionam-se a tais perspectivas as considerações elaboradas por Ross (1992) quanto ao desenvolvimento da pesquisa em Geomorfologia no Brasil, onde a cartografia geomorfológica e a questão da taxonomia dos fatos do relevo ganham destaque em relação aos estudos sobre o Quaternário.

Visando colaborar com o atendimento dos objetivos destacados no corpo desta pesquisa, faz-se importante propor um enquadramento taxonômico das formas e fatos inerentes ao relevo local. Este procedimento é relevante do ponto de vista metodológico, pois contribui para uma melhor compreensão e dimensionamento do

espaço físico-natural ocupado pelo homem, “palco” este condicionado e condicionante das diversas relações sociais produtivas estabelecidas.

Através da ampliação e desenvolvimento dos conceitos de morfoestrutura e morfoescultura proposto por Guerasimov (1946) e Mecerjakov (1968) *apud* Ross (1992), o referido autor estabelece uma organização teórico-metodológica para o estudo das formas e dos fatos inerentes ao relevo em 6 níveis escalares ou táxons de representação, sendo eles:

- morfoestrutura;
- morfoescultura;
- unidades morfológicas ou padrões de formas semelhantes;
- tipos de formas de relevo;
- tipos de vertentes; e,
- formas de processos atuais.

De acordo com as proposições definidas por Guerasimov (1946) e Mecerjakov (1968) *apud* Ross (1992), a definição do primeiro táxon se funda no conceito de que: *“(...) todo o relevo terrestre pertence a uma determinada morfoestrutura que sustenta e mostra um aspecto escultural que é decorrente da ação do tipo climático atual e pretérito que atuou ou atua nessa estrutura.”* (p.19). Assim, tanto a morfoestrutura como a morfoescultura estão relacionadas a situações estáticas ou momentaneamente estáveis, visto que a última é produto direto da interação dinâmica entre os fatores endogenéticos e exogenéticos.

O termo morfoescultura encontra-se relacionado à sustentação de grandes formas do modelado terrestre, como, por exemplo, uma bacia sedimentar ou um planalto, onde se fazem presentes diversas tipologias morfoesculturais, desenvolvidas espacialmente por tipologias climáticas atuais e pretéritas.

A Figura 7.1.2-1 a seguir exemplifica a proposição de organização taxonômica dos fatos condizentes ao relevo, desenvolvida por Ross (1992).

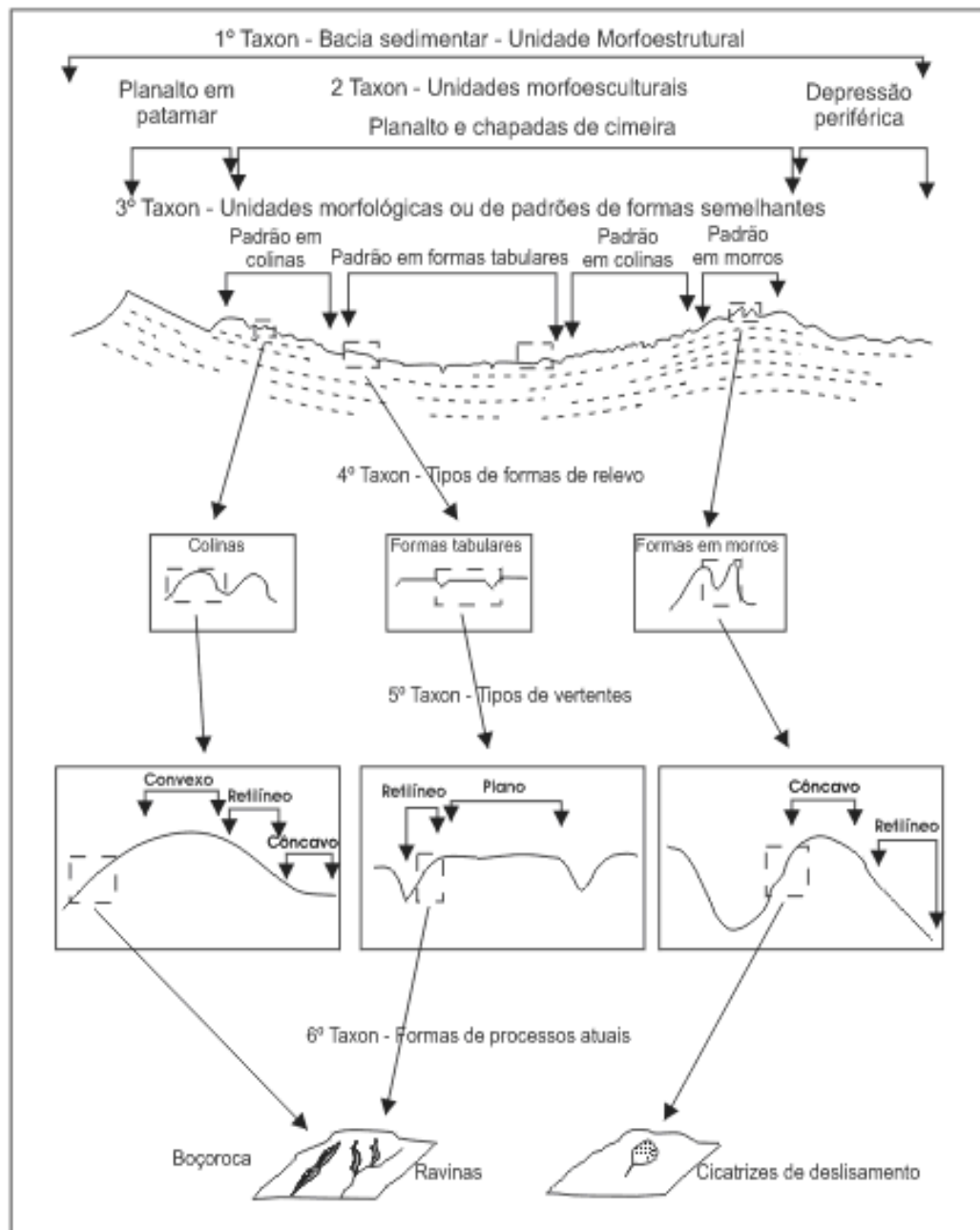


Figura 7.1.2-1: Representação esquemática das unidades taxonômicas do relevo.  
Fonte: Ross (1992).

No quadro a seguir apresenta-se de maneira sintética o enquadramento dos aspectos geomorfológicos da área de estudo frente às ordens taxonômicas de interesse para a área de estudo.

**Quadro 7.1.2-1: Síntese Representativa das Ordens Taxonômicas do Relevo de Interesse Para a Área de Estudo.**

| <b>Nível Taxonômico</b>   | <b>Características</b>   | <b>Representação/Relação com a Área de Estudo Abarcada</b>   |
|---|--|--|
| <p align="center"><i>3º Táxon:</i><br/><i>Unidades Morfológicas/Padrões de Formas Semelhantes</i></p> | Refere-se a conjuntos de formas de relevo que apresentam distinções de aparências entre si em função da rugosidade topográfica ou índice de dissecação. São nelas que os processos morfoclimáticos atuais podem ser mais facilmente identificados.   | Maciço Central de Vitória considerado como pertencente à Unidade Morfológica de Maciços Costeiros (Ministério das Minas e Energia, 1983).  |
| <p align="center"><i>4º Táxon:</i><br/><i>Tipos de Formas de Relevo</i></p>                           | Condiz a cada uma das formas de relevo contidas nas unidades morfológicas que, observados em escala de detalhe, demonstram aspectos fisionômicos próprios a cada uma delas. Constituem-se por grande número de formas do relevo ou conjunto de formas todas semelhantes entre si, tanto em seus aspectos morfológicos e morfométricos, o que resulta na condição de igualdade ou proximidade quanto ao tamanho, idade e forma (exemplo: colinas, morros e morrotes). | Fachada oriental do Maciço Central de Vitória, em específico no que se refere à Unidade Topomorfológica Tabuazeiro visto sua distinção morfológica do todo (fachada), evidenciada em condições topográficas e processos denudacionais e acumulativos intrínsecos, representadas localmente por padrões morfológicos de colinas, morros e morrotes. |
| <p align="center"><i>5º Táxon:</i><br/><i>Tipos de Vertentes</i></p>                                  | Setores do relevo condizente as vertentes descritos conforme o seu aspecto fisionômico/geométrico podendo ser classificadas em retilíneos, convexos e côncavos. As vertentes de cada tipologia de forma (morro, morrote ou colina) são consideradas como geneticamente distintas em relação à sua totalidade. Tal fato ocorre também para cada um dos setores constituintes destas vertentes, visto que também se mostram diferentes quanto a sua gênese.            | Feições Mínimas (vertentes) representadas por morfologias que variam de policonvexa a policôncava.   |
| <p align="center"><i>6º Táxon:</i><br/><i>Formas de Processos Atuais</i></p>                          | Processos erosivos e fenômenos de movimentação coletiva de materiais diversos recorrentes sobre as vertentes.  | Ocorrência de sulcos erosivos, ravinamentos e cicatriz de deslizamento sobre as vertentes.   |

Fontes: Goulart (2005), Ministério das Minas e Energia (1983), Ross (1992).

Condiz a aplicação do primeiro nível de abordagem de estudo do relevo proposto por Ab' Sáber (1969) (compartimentação) a adoção de uma metodologia de segmentação dos tipos de formas de relevo para a área em estudo, sendo estas representadas no presente escopo pelas seguintes tipologias:

- colinas;
- morrotes; e,
- morros.

Ilustra-se de modo prático no Quadro 7.1.2-2 o emprego de dados morfométricos - neste caso a altura (valor médio mesurado do topo da feição até a sua base) e seu valor clinométrico (declividade) - para a classificação do modelado de acordo com as formas semelhantes e/ou que tenham correlações morfogenéticas.

**Quadro 7.1.2-2: Parâmetros Utilizados para Diferenciar as Formas Apresentadas pelo Relevo.**

| <b>Unidades de Formas de Relevo Segundo Parâmetro Morfométrico de Altura e Clinometria</b> |                        |                        |
|--|------------------------|------------------------|
| <i>Formas</i>  | <i>Altura (metros)</i> | <i>Clinometria (%)</i> |
| Colina   | < 100                  | < 15                   |
| Morroto  | < 100                  | > =15                  |
| Morro  | 100 – 300              | > = 15                 |

Fonte: Ponçano *et al.* (1981) *apud* Goulart (2005).

Dentro de tal perspectiva de abordagem de estudo do comportamento geral das formas de relevo em relação com as sociedades que as utilizam e as modificam, toma considerável relevância a apreciação detalhada dos 5º e 6º táxons explanados por Ross (1992), ou seja, das tipologias de vertentes e processos geomorfodinâmicos recorrentes (atuantes) sobre as mesmas.

Uma característica marcante quanto às tipologias morfológicas acima citadas, se consubstancia na potencialidade em que o homem exerce sobre sua evolução, induzindo de forma restrita, porém significativa, para mutação do estado natural de equilíbrio do meio.

Ross (1992) salienta a perspectiva complexa da relação entre o homem a natureza, especificamente no que condiz o processo de apropriação das vertentes pela sociedade, quando este afirma que:



“[...] é no bojo do estudo da dinâmica das vertentes que o homem pode atuar junto aos processos morfogenéticos, pois a vertente é o resultado da morfogênese ou morfodinâmica viva, presente, atual. É ao nível da vertente que confunde-se o estudo da dinâmica do relevo e os problemas relativos à erosão de solos, que na verdade fazem parte de uma mesma realidade.” (p. 21).

Cassetti (2006) ao tecer de forma consistente comentários sobre as preposições estabelecidas por Tricart (1977) e Ross (1992, 1994), dá a tônica geral sobre a proposta metodológica de estudo da Unidade Topomorfológica Tabuazeiro.

Relativo a esta condição sintética, o referido autor faz a seguinte observação:

“A compartimentação do relevo em escala grande, 1:5.000 até 1:20.000, referente ao quinto e sexto táxon, individualiza os domínios de determinadas formas do relevo, tendo a vertente como elemento de representação. Nesse caso, além da dissecação relacionada à própria densidade da drenagem, deve-se observar o significado geométrico e morfométrico das vertentes, o comportamento da estrutura superficial, e os elementos atinentes à fisiologia da paisagem.” (p.67).

Dentre estes destacam-se o diagnóstico do uso e ocupação do solo e dos impactos relacionados aos processos morfodinâmicos, com o intuito de proporcionar melhor caracterização da vulnerabilidade do relevo frente aos processos erosivos e aos fenômenos geomorfodinâmicos severos.

O mesmo tratamento ou a mesma intensidade de estudo deve ser destinado ao diagnóstico das potencialidades inerentes ao relevo na escala em questão. A interposição desses parâmetros proporcionará como produto final a elaboração de uma “carta de síntese”, voltada à gestão do território (CASSETI, 1995).

### **7.1.3 Fatores Ambientais Empregados no Modelo**

Após levar em consideração as peculiaridades geoambientais e socioeconômicas inerentes a área de estudo, assim como sua relação frente aos problemas relacionados à instabilidade morfodinâmica do relevo presenciados na mesma, foram elencados para a construção do referido modelo os seguintes aspectos ou temas ambientais:

- carta clinográfica (declividade);
- carta de uso e ocupação do solo;
- carta de feições mínimas;
- carta de materiais superficiais; e,
- carta de densidade de drenagem pluvial.

Faz-se importante salientar que as condicionantes que favorecem a instabilidade do relevo nos trópicos úmidos em geral são expressas muitas das vezes na ocorrência de fenômenos geomorfodinâmicos de cunho erosivo e/ou da movimentação coletiva de massas (movimentos de massa), apresentando estes diversas tipologias, gêneses, modos de atuação e resultados sobre o relevo. Tais fenômenos dependem ou são condicionados, principalmente, por fatores como:

- estrutura geológica do terreno;
- clinometria (declividade);
- forma e comprimento da vertente;
- caracterização do regime de chuvas (em especial dos episódios pluviais intensos);
- tipologia de uso do solo (com destaque para a perda de vegetação) e da atividade entrópica;
- existência de espessos mantos de intemperismo; e
- presença de níveis e faixas impermeáveis que atuam como planos de deslizamentos.

Portanto, participam também do presente escopo analítico integrado a observação e os aspectos referentes ao comprimento médio das vertentes e os fenômenos geomorfodinâmicos atuantes sobre o modelado em questão, assim como os seus depósitos correlativos. Estes foram incluídos na presente metodologia apenas de

modo acessório à avaliação dos resultados extraídos da análise integrada das cartas temáticas acima elencadas.

## **8 REFLEXÕES TEÓRICO-EMPÍRICAS SOBRE OS FATORES/ASPECTOS AMBIENTAIS CONTIDOS NO MODELO**

No presente item tece-se algumas reflexões sobre os aspectos ambientais empregados na elaboração da CIPRE. Esta etapa da pesquisa é considerada fundamental para a determinação dos graus de importância relativa para cada tema/carta bem como para suas respectivas classes.

Assim, visando dar uma maior objetividade quanto às decisões e julgamentos tomados no presente estudo para a construção do modelo empírico proposto, fora necessário a realização de uma extensa pesquisa bibliográfica sobre os fatores ou variáveis ambientais empregadas nas análises, bem como de suas classes derivadas.

### **8.1 CLINOMETRIA**

A clinometria do terreno (termo amplamente conhecido e empregado exhaustivamente no meio técnico-científico como declividade) condiz ao ângulo de inclinação da superfície do terreno em relação ao plano horizontal, podendo ser expressa em graus ou em porcentagem (FLORENZANO, 2008; GUERRA & GUERRA, 1997; VALERIANO, 2008).

A morfologia das vertentes e seus respectivos valores clinométricos são temas pouco estudados na geomorfologia em virtude da instabilidade de suas condições físicas e biológicas e ao dinamismo de sua evolução. Isto se deve ao fato de que as encostas sofrem variações contínuas que se expressam tanto nas formas quanto nos processos modeladores atuantes sobre estas.

Devido à sua estreita associação com processos de transporte gravitacional (escoamento, erosão, deslizamento), a clinometria do terreno é uma variável básica para a segmentação de áreas em praticamente todos os procedimentos de

planejamento territorial. Inúmeros métodos de avaliação de terras ou planejamentos conservacionistas baseados em modelagem numérica ou em decisões lógicas lidam com a variável clinometria.

A relevância da disposição clinométrica apresentadas pelas encostas para com a realização do presente estudo tem como alicerce teórico o seu papel decisivo em relação ao controle dos processos dinâmicos erosivos e deposicionais. Estes estão associados de modo intrínseco ao desencadeamento e/ou intensificação de eventos/fenômenos morfodinâmicos como, por exemplo, os movimentos coletivos de massa. Tais movimentos e fenômenos erosivos, sendo eles lentos ou rápidos, possuem, comumente, origens nas atividades de cunho biológico ou nos processos físicos derivados das condições climáticas, mas a ação da gravidade destaca-se como fator principal.

Quando determinadas forças atuam sobre as partículas rochosas soltas (colóides, areias, cascalhos, blocos), estas se movem em função da força da gravidade que adiciona uma componente descendente aos movimentos gerados por outras forças.

Penteado (1978) discorre de maneira objetiva sobre a relevância da componente gravitacional frente à estabilidade dos materiais das vertentes quando destaca que:

A componente da força gravidade que atua paralelamente a encosta, é proporcional ao seno do ângulo de inclinação. O coeficiente de fricção ao deslizamento é numericamente igual à tangente do ângulo de inclinação, quando a partícula está em movimento, isto é: é igual a razão entre a componente de deslize, paralela à encosta, e a componente de aderência, perpendicular à encosta (p. 101).

Por exemplo, numa encosta com  $45^\circ$  (100%) de clinometria (declividade), esta relação é igual a 1, logo o coeficiente de fricção é igual a 1. Já para uma encosta na qual apresente  $70^\circ$ , esta relação é maior, logo o coeficiente de fricção é superior a 1.

A Figura 8.1-1 ilustra de forma objetiva tais relações entre a componente de deslize (cd) e a componente de aderência (ca).

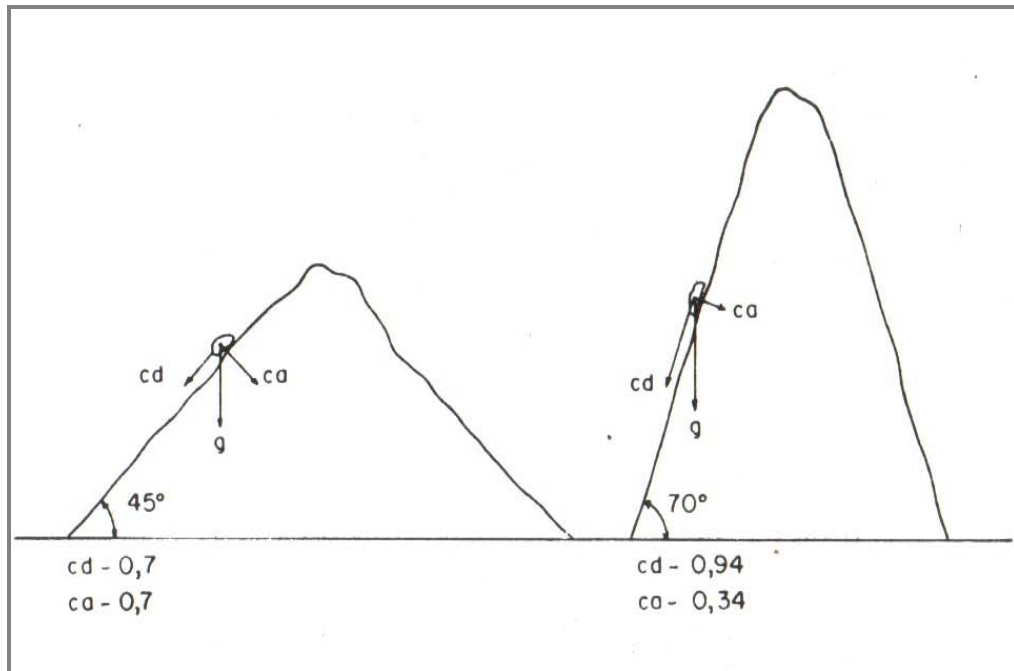


Figura 8.1-1: Ação das forças de gravidade em encostas com declives (clinometrias) diferentes. Fonte: Penteado (1978).

Sintetizando teoricamente as relações entre o ângulo de inclinação das encostas e a resistência dos materiais dela constituintes, Penteado (1978) afirma que:

Como poucos materiais possuem coeficientes de fricção superior a 1 (um), a fricção não reterá blocos em encostas com ângulos superiores a  $45^\circ$ . Encostas com declive em ângulos maiores do que  $40^\circ$  são muito raras. Superfícies cobertas de fragmentos rochosos apresentam ângulos máximos de inclinação entre  $25^\circ$  e  $35^\circ$  (p. 101).

As relações entre o ângulo de inclinação das encostas e o desenvolvimento de materiais superficiais - em especial no que condiz aos solos - variam em função dos processos morfoclimáticos e sua cobertura vegetal, demonstrando, assim, íntima relação com as tipologias de uso do solo e as características climáticas de um dado local ou região.

O estudo de encostas desenvolvido por Bunting (1971) *apud* Penteado (1978) para as latitudes médias resultou na constatação de que uma camada contínua de solo pode existir em todos os ângulos inferiores a  $40^\circ$ , isto é  $< 89\%$ . Este autor observou

também que os valores clinométricos não ocorrem ao acaso, mas que há ângulos e intervalos característicos como 45°; 40°; 37°; 13°; 10°; 7°; 5°; 2°; 31- 32°; 26- 27° e 19 - 20°.

Bunting constatou que o intervalo clinométrico de 32 a 37°, ou seja, de 71 a 82% é crítico para a estabilidade de muitas áreas, em específico no que se refere ao ângulo limite para a existência de Neossolos Litólicos, não sendo, portanto, perturbado por movimentos coletivos de massas (PENTEADO, 1978).

Para Penteado (1978) o gradiente médio das encostas (clinometria média) para a ocorrência de deslizamento de terra, fluxo de lama, deslizamentos tálus e avalanches de detritos é de 30° ou 66%. Entretanto, a referida autora não descarta a possibilidade de ocorrência de movimentos de massa associados em vertentes com ângulos de inclinação inferiores a 10°, considerados, normalmente, como estáveis. Estes podem se tornar instáveis, dada à natureza do material detrítico.

Bigarella *et al.* (2007) ao discutir o papel da declividade na estabilidade das encostas - em específico no que concerne aos movimentos de massa no Brasil Tropical - explana que todos os eventos catastróficos relacionados com grandes movimentações de materiais nas encostas ocorrem em áreas de alta declividade. Para estas áreas críticas para a ocorrência de tais fenômenos são aquelas dos terrenos montanhosos, como, por exemplo, os da Serra do Mar. Entretanto, Fernandes & Amaral (1998) destacam que os movimentos de massa também podem ocorrer em encostas menos íngremes, como se registram nos depósitos de origem coluvional amplamente verificados nos sopés de inúmeras vertentes dos maciços costeiros.

De acordo com Aguiar & Santos (1991) e Cruz (1974) *apud* Bigarella *et al.* (2007), na região da Serra do Cubatão (SP) os escorregamentos são mais frequentes em vertentes com mais de 15° (33%) de declividade, principalmente entre 25° (46%) e 35° (77%). Acima de 35° de declive ocorreram numerosos deslizamentos, porém, de pouca significância em área. Não fora constatado para aquela região a ocorrência de movimentos de massa em vertentes com menos de 5° de inclinação.

Segundo Domingues (1971), as vertentes com valores clinométricos superiores a 37° possuem equilíbrio bastante precário favorecendo os movimentos de massa sob a ação da gravidade.

Em vertentes com declividades superiores a 40° formam-se, de modo geral, grandes “escamas” rochosas protegidas em parte do intemperismo pela própria inclinação. Porém, em setores onde ocorrem intensos planos de diaclasamento e de fraturas, a ação da meteorização se faz sentir constituindo faixas de material alterado, separando fatias rochosas inalteradas ou pouco intemperizadas. Em tais locais o excesso de água e a ação da gravidade desempenham um papel importante no deslocamento maciço de materiais de baixíssima plasticidade (BIGARELLA *et al.*, 2007).

Para declives inferiores a 40° as peculiaridades do processo mudam, atenuando-se conforme a inclinação da encosta diminui. Assim, para que ocorra um deslocamento maciço, será necessária a presença de grande quantidade de material lubrificado, hidricamente saturado.

Com relação aos principais parâmetros morfométricos inerentes às encostas e seus reflexos no que condiz aos processos morfodinâmicos atuante sobre o modelado, Bigarella *et. al.* (2007) e Fernandes & Amaral (1998) destacam que a capacidade de transporte e a velocidade de deslocamento de materiais nas vertentes são diretamente proporcionais à sua inclinação ou clinometria (Figura 8.1-2).



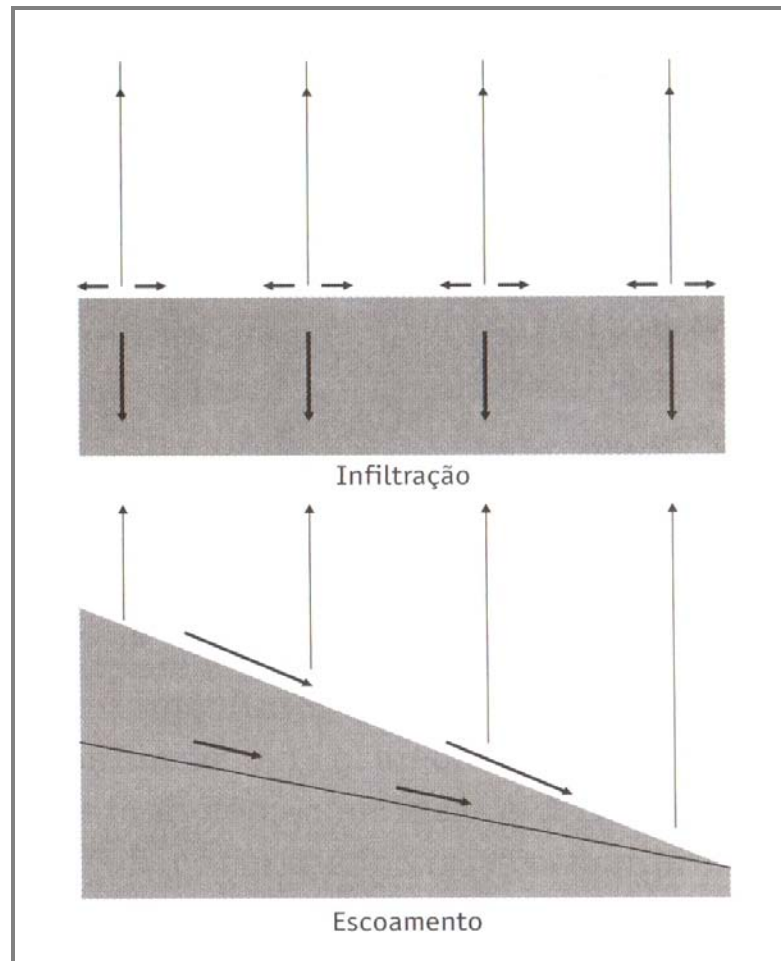


Figura 8.1-2: Ação da declividade sobre a hidrologia de superfície. Fonte: Valeriano (2008).

Põem-se em evidência no esquema acima apresentado a principal ação da clinometria sobre o jogo de equilíbrio entre escoamento superficial e a infiltração da água no solo. Para Valeriano (2008), tal parâmetro se faz relevante do ponto de vista da manutenção ou perda do equilíbrio das formas, visto que esta possui forte relação com volume de água de chuva a ser absorvido pelos solos, que, de certo modo, variam de acordo com a inclinação da encosta.

Para aqueles autores, a maior freqüência de escorregamentos, no entanto, ocorre nas vertentes com valor clinográfico entre 20 e 35%, e não necessariamente nas mais inclinadas. Tal comportamento se deve ao fato de que nas vertentes de forte clinometria o solo comumente se apresenta pouco espesso, ou porque já se tenha ocorrido à remoção deste.

Tais observações sugerem que tanto as encostas que apresentam fortes valores clinométricos (acima de 100%) como fracas (menores de 15%), não devem ser ignoradas do ponto de visto do risco ambiental ao qual insere a sua ocupação, fato que sua relevância para o modelo de instabilidade potencial do relevo estará intimamente relacionada às demais variáveis geomórficas e ambientais de um determinado sítio.

As classes clinométricas inerentes ao estudo do relevo sugeridas por Ross (1990, 1994, 1995) correspondem uma perspectiva de cunho genérico em relação à abordagem temática voltada a instabilidades das encostas. O referido autor estabelece 5 classes clinométricas do relevo (Tabela 8.1-1) para o estudo da fragilidade dos meios, nas quais ele as associa a categorias de comportamento morfodinâmico, em vista de dar melhor representação cartográfica (semântica) a proposta do estudo Ecodinâmico do meio desenvolvida por Tricart (1977).

**Tabela 8.1-1: Intervalos Clinográficos Condizentes ao Estudo das Categorias de Comportamento Morfodinâmico dos Meios.**

| Intervalos clinográficos em % |
|-------------------------------|
| < 6                           |
| 6 – 10                        |
| 10 – 20                       |
| 20 – 30                       |
| > 30                          |

Fonte: Ross (1990, 1994, 1995)

Esta proposição de classe clinométricas se encontra vinculada ao âmbito da metodologia de estudo da paisagem, intitulada pelo conceituado autor de: *“Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados”*.

Tal perspectiva leva em conta estabelecer os diferentes graus de sensibilidade do quadro ambiental frente aos processos degradacionais e agradacionais recorrentes num determinado sítio de interesse, levando-se em conta diversos aspectos físicos, bióticos e antrópicos, tendo como pano de fundo o relevo, sustentador/condicionador das atividades e relações socioeconômicas. Com isso Ross (1990, 1994, 1995) propôs o estabelecimento de categorias de ambientes estáveis e instáveis,

preconizadas de modo singular no escopo teórico-metodológico elaborado por Tricart (1977) em sua obra sobre *Ecodinâmica* dos meios.

Dentre as escassas literaturas técnicas que tratam do problema da instabilidade das encostas da Ilha de Vitória, observa-se, de modo geral, pouca ênfase a questão da influência das inclinações das encostas frente à condição de instabilidade e/ou estabilidade destas, assim como sua associação com a ocorrência de movimento de massa significativos do ponto de vista ambiental.

Observa-se, numa visão geral, que grande parte dos trabalhos e pesquisas realizadas sobre a questão das encostas de Vitória possui como viés apenas o relato e a contextualização dos processos históricos de ocupação “desordenada” das mesmas, assim como a não obediência/aplicação dos instrumentos legais que regem o uso e a ocupação do solo urbano, como, por exemplo, a Lei 6.766/79 (Lei Federal de Parcelamento do Solo Urbano).

Na obra sobre as encostas urbanas de Vitória publicada por Castello & Polido (1986), explanam sobre uma proposta metodológica para enfrentar o problema da estabilidade/instabilidade das mesmas. Os referidos autores informam em tal literatura que as encostas de Vitória são, em geral, consideradas problemáticas quando atingem valores clinométricos entre 30° e 35° (58 a 70%) ou mais.

Dentre diversas observações sobre a problemática abordada, os aludidos autores externam a necessidade do desenvolvimento de estudos ambientais mais aprofundados e específicos em relação às áreas de risco, em vista de se buscar um planejamento mais adequado dos modos de preservação, uso e ocupação das encostas de Vitória.

Os valores inerentes a clinometria do modelado também se encontram associados à regulamentação/orientação de diversos instrumentos legais voltados ao controle/regulação das atividades socioeconômicas, sejam elas de cunho rural como urbano. Em específico, podemos destacar as Leis 4.771/65, 6.766/79 e 6.705/06, respectivamente condizentes ao Código Florestal Brasileiro, Lei de Parcelamento do

Solo Urbano (conhecida também como Lei Lehmann) e o Plano Diretor Urbano de Vitória (Lei nº 6.705/06)

No Quadro 8.1-1 a seguir demonstram-se, de modo sintético, alguns tratados legais de âmbito Federal, Estadual e Municipal que possuem, em seus respectivos escopos, referências à questão da declividade (clinometria) do terreno frente às ações permitidas ou interditadas quanto à ocupação de encostas.

**Quadro 8.1-1: Aspectos Condizentes a Inclinação do Terreno Tratado pelas Legislações Vigentes.**

| Assunto Legal            | Escopo do Assunto Legal  | Objetivos da Legislação  |   | Competência para Legislar   | Exemplo de Leis Federais, Estaduais e Municipais  | Observações   |
|--------------------------|--|--|---|---|---|---|
|                          |  | Encostas Ocupadas  | Encostas não-Ocupadas   |   |   |   |
| Declividade dos Terrenos | Pendor ou inclinação do terreno, considerado de cima para baixo, seja natural ou produzido pela intervenção humana | Restringir ou proibir o aumento da ocupação em áreas de terrenos íngremes, em função do alto risco que represente à vida humana, vegetação local ou dos entornos | Restringir ou proibir a ocupação em áreas íngremes em função do grau de dificuldade de recuperação da vegetação local, e da desestabilização da encosta decorrente da intervenção, que aumentou o grau de suscetibilidades a escorregamentos e movimentos de massa em geral | Concorrente entre a União, os Estados e os Municípios (nos estados e Município tem caráter suplementar) | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Código Florestal Brasileiro (Lei n.º 4.771/86)</li> <li>- Lei Federal de Parcelamento do Solo Urbano (Lei n.º 6.766/79)</li> <li>- Lei Estadual de Parcelamento do Solo Urbano (Lei n.º 7.943/2004)</li> <li>- Plano Diretor Urbano de Vitória (Lei n.º 6.705/06)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Segundo a legislação, em declividades maiores do que 45° (100%) não deve haver ocupação. Loteamentos e desmembramentos urbanos só serão autorizados em declividades até 30%</li> <li>- Em terrenos com valor igual ou acima disso apenas com aval das autoridades competentes após o cumprimento das exigências técnicas impostas</li> <li>- Áreas com quaisquer declividades situadas acima 50 m com presença de Florestas e demais vegetações</li> <li>- Espaços livres de uso público e áreas destinadas à implantação de equipamentos comunitários deverão ser mantidas com a vegetação natural e não poderão apresentar declividade superior a 15%</li> <li>- Proteção e conservação das Florestas em encostas, ou partes destas, com declividade superior a 100% na linha de maior declive. Não é permitida a derrubada de florestas situadas em áreas com declividade entre 25° (46%) e 45° (100%)</li> </ul> |

Fontes: Brasil (1965), Espírito Santo (1996), Vitória (2006), Adaptado de IPT (1991).

Em suma, tal conjunto legal estabelece um conjunto de normas e ações voltadas especificamente para que possa manter um equilíbrio ambiental adequado do meio usado/transformado pela sociedade, seja tanto no que condiz ao urbano como ao rural.

O conjunto de valores clinométricos explanados no quadro acima possibilita uma maior sinergia teórico-conceitual em relação aos distintos graus de estabilidade/instabilidade das encostas, bem como no que se refere à definição das classes de inclinação do terreno necessárias ou mais adequadas para a construção da carta clinográfica que integrará a modelagem ora proposta.

Contudo, após as análises e discussões teóricas aqui desenvolvidas em associação aos documentos legais acima citados, chegou-se aos valores e classes clinométricas significativas do ponto de vista do modelado de Instabilidade Potencial do Relevo, que serão empregadas na elaboração da Carta Clinográfica da Unidade Topomorfológica Tabuazeiro. Estes podem ser resumidos pela apreciação e destaque de valores clinométricos como 15%, 30%, 45 %, 58%, 70% e > 70%.

A carta clinográfica é a expressão gráfica dos valores clinométricos do terreno comumente representados em intervalos, onde estes dizem a respeito dos valores angulares da inclinação do terreno em relação ao seu plano horizontal. Tal carta pode ser extraída da análise matemática das curvas de nível do terreno, sendo seus valores representados de acordo com a finalidade a que será dada à informação, podendo ser expressa em porcentagem ou em graus radianos.

Em seu artigo sobre os métodos de representação e confecção da carta clinográfica, De Biasi (1992) discorre brevemente sobre as possibilidades e potencialidade de aplicação do referido produto, principalmente em relação às análises voltadas a classificação e a tipologia dos sítios urbanos empregados por diversos pesquisadores, tanto a nível nacional como internacional. Contudo, sabemos que o seu uso é diverso, extrapolando consideravelmente o campo da geografia e cartografia, visto sua ampla utilização em várias áreas do conhecimento, em especial a geomorfologia.

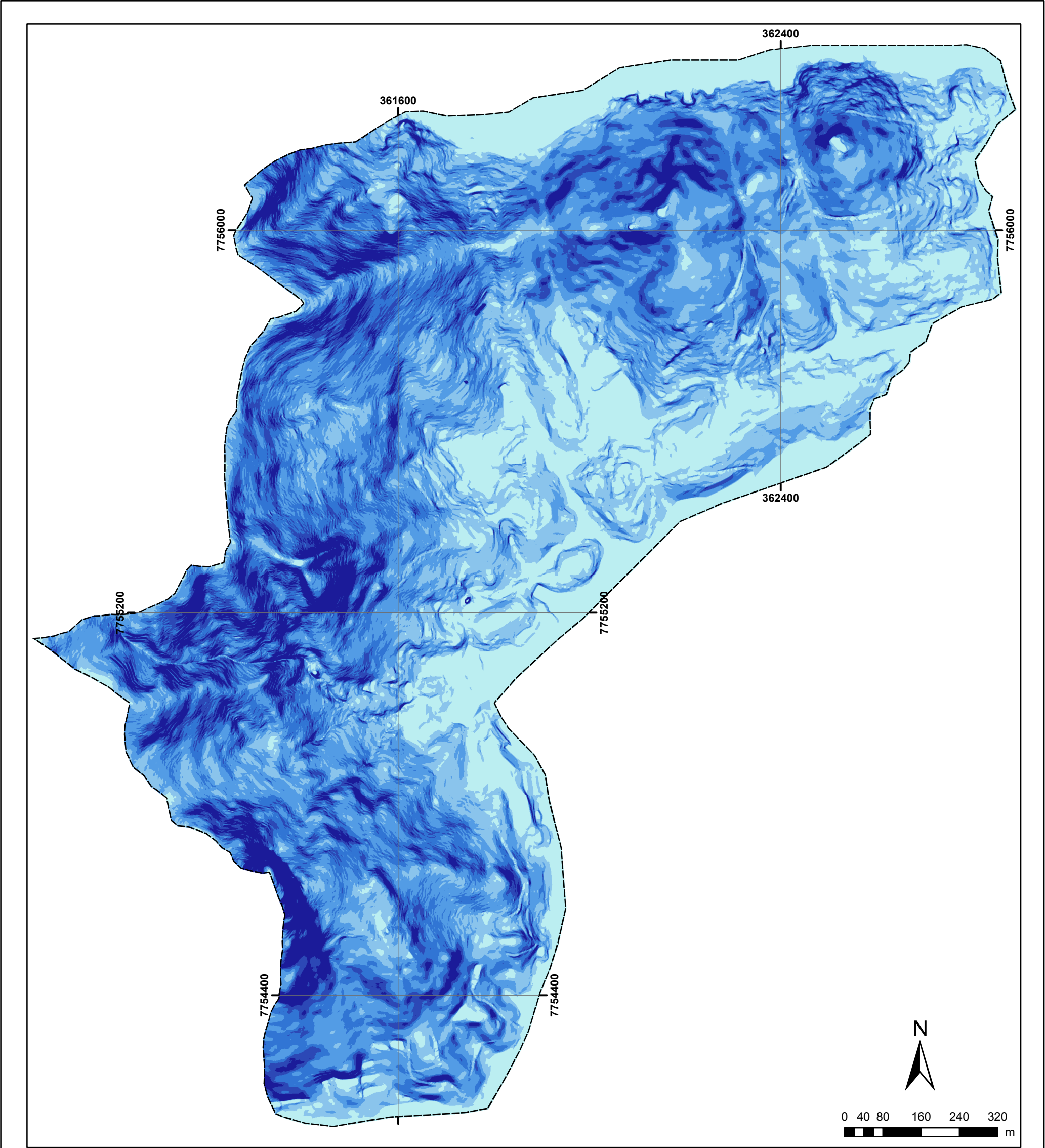
Após as discussões teórico-metodológicas realizadas no presente caput, adotou-se para a sua constituição seis intervalos de inclinação significativos para o terreno, conforme disposto na Tabela abaixo.






**Tabela 8.1-2: Intervalos Clinométricos Adotados para a Elaboração da Carta Clinográfica.**

| <b>Carta Clinográfica</b>       |   |
|---------------------------------|---|
| Intervalo de<br>Inclinação em % | Intervalo<br>Correspondente em<br>Graus |
| < 15                            | 0 – 9                                   |
| 15 – 30                         | 9 – 17                                  |
| 30 – 45                         | 17 – 24                                 |
| 45 – 58                         | 24 – 30                                 |
| 58 – 70                         | 30 – 35                                 |
| > 70                            | > 35                                    |

As classes clinográficas acima estabelecidas contêm – de acordo com as reflexões teórico-empíricas aqui desenvolvidas – distintos graus de importância em relação à instabilidade potencial do relevo, sendo as de maior contribuição (a instabilidade) as classes de 30 a 45%, 45 a 58%, 58 a 70% e >70 %.

A Figura 8.1-3 condiz à carta clinográfica da área de estudo com das devidas classes/intervalos clinométricos definidos como relevantes para a presente proposta metodológica.



| LEGENDA  |           | DADOS TÉCNICOS   |  | Figura 8.1-3: Carta Clinográfica<br>Unidade Topomorfológica Tabuazeiro<br>Vitória-ES |                    |
|--|-----------|--|--|--|--------------------|
| <b>Classes Clinométricas</b>   |           | Projeção UTM<br>Meridiano Central: -39° W de Greenwich<br>DATUM: SAD 69 - Zona 24S   |  |  |                    |
|                           | < 15%     | LOCALIZAÇÃO  |  | ORGANIZADOR:<br>FERNANDO MIEIS CAUS  |                    |
|                           | 15 - 30%  |  |  | INSTITUIÇÃO:<br>UFES<br>CCHN-PPGG  |                    |
|                           | 30 - 45%  |  |  | DATA:<br>Dez/2009  | ESCALA:<br>1:8.000 |
|                           | 45 - 58 % |  |  | FONTES:<br><br>IBGE<br>Prefeitura Municipal de Vitória/SUBTI                         |                    |
|                           | 58 - 70 % |  |  |  |                    |
|                           | > 70      |  |  |  |                    |
|  Limite da Área de Estudo |           |  |  |  |                    |



A preparação da carta clinográfica inerente a Unidade Topomorfológica Tabuazeiro tomou como referencial organizacional os textos legais acima citados e discutidos, bem como as peculiaridades inerentes ao modelado local, em específico, no que se refere à distribuição dos valores clinométricos predominantes.

A avaliação dos aspectos clinométricos do terreno possibilita - dentro de certa escala de análise - inferir de forma indireta sobre a questão do estado atual de maior ou menor instabilidade dos materiais constituintes das vertentes, bem como, do condicionamento inerente aos processos hidrodinâmicos que atuam em superfície. Tais especificidades corroboram para uma aproximação qualitativa em relação à definição de áreas ou setores do modelado potencialmente instáveis.

## 8.2 MATERIAIS SUPERFICIAIS

Os materiais condizentes a conformação das encostas e demais setores do relevo da área de estudo são de extrema relevância para a efetivação da presente proposta metodológica, pois estes são resultados diretos das atuações constantes dos diversos mecanismos e fatores endogenéticos (processo internos/morfoestruturais) e morfogenéticos (processos externo-esculturais) expressados no modelado local ao longo do tempo geológico.

A compreensão e correlação dos aspectos genéticos e constitutivos dos atuais materiais litológicos e geopedológicos que sustentam as encostas inerentes a Unidade Topomorfológica Tabuazeiro, é condição importante para a determinação e o julgamento coerente do tema (materiais superficiais) frente sua maior ou menor contribuição para o grau de instabilidade potencial de um determinado segmento de relevo em análise.

Para tal, durante o processo de análise e mapeamento da área de estudo foram julgadas como relevantes e representativas do ponto de vista geológico, pedológico e geomorfológico as seguintes tipologias de materiais superficiais:

- Tipos litológicos, representados por:
  - ✓ granitos; e,
  - ✓ granodioritos.
- Coberturas pedológicas classificadas em:
  - ✓ Neossolo Litólico Distrófico;
  - ✓ Cambissolo Distrófico, e;
  - ✓ Neossolo Flúvico Distrófico.
- Caos de blocos ou campos de matacões distinguidos a partir de sua associação, sendo eles:
  - ✓ associados a Neossolo Litólico;
  - ✓ associados a Cambissolo Distrófico, e;
  - ✓ associados a Neossolo Flúvico

A rocha, em geral, é a unidade geológico-geoténica mais profunda do manto de alteração apresentando resistência superior às unidades subjacentes. Porém, as litologias que dão sustentação as diversas formas de relevo, apresentam distinções básicas que levam em conta principalmente a sua composição química, textura e estrutura. Estas características interferem no seu maior ou menor grau na dinâmica de alteração ou intemperismo das rochas e, conseqüentemente, nos distintos graus de instabilidade dos materiais constituintes das vertentes.

O relevo originado de rochas graníticas heterogêneas e amplamente diaclasadas<sup>9</sup> (como é o caso de área de estudo ora abarcada), ostenta, de acordo com Penteado (1978), duas características fundamentais, sendo elas o predomínio da erosão linear sobre a erosão das vertentes (laminar) e da decomposição das rochas em matacões/blocos associados a elementos muito finos e com a ausência de elementos intermediários.

---

9 Diáclases, do grego dia (em dois) e klasis (fratura, ruptura), são fraturas que dividem as rochas em blocos e em relação às quais não se produziu deslocamento ou o deslocamento foi mínimo. Todas as rochas desde a sua formação estiveram submetidas a esforços de compressão, tração e torção que deram origem a um conjunto de fraturas designadas por diáclases. Desenvolvem-se, sobretudo, nas rochas duras, intersectando-se em diversas direções sendo algumas principais e originando uma rede de fraturas que facilita a sua separação em blocos e, portanto, a sua desagregação (GUERRA & GUERRA, 1997; BIGARELLA *et al.*, 2007).

De acordo com a aludida autora, o modelado derivado de terrenos cristalinos se caracteriza por vales estreitos, fortemente encaixados, vertentes com fortes valores clinométricos e com perfis convexos, visto que o escoamento difuso, gerador de vertentes côncavas, é pouco eficiente.

Com relação à gênese e a tipologias dos vales formados sobre estrutura granítica, Penteado (1978) expõe de modo sintético seu entendimento para a questão, afirmando que:

Os tipos de vales são comandados pela intensidade da erosão linear. O débito contínuo dos canais de drenagem facilita o cavamento das marmitas apesar da dureza das rochas, e o aprofundamento dos vales é mais rápido do que a redução das vertentes. Sobre as vertentes, o escoamento difuso é insuficiente para cavar canais na rocha dura. Os declives fortes, devido à estrutura ou à incisão dos vales, não permitem a infiltração das águas que escoam superficialmente, sendo por isso a decomposição retardada (p. 28).

Entretanto, a ocorrência de distintas fácies litológicas na área de estudo (granitos e granodioritos), denota reflexos morfológicos, pedológicos e estruturais muitas vezes destoantes frente às condições ambientais vigentes, onde se destaca, fundamentalmente, a dinâmica morfoclimática atual inerente aos trópicos úmidos.

O embasamento geológico é considerado, nas diversas literaturas pesquisadas sobre a temática desenvolvida no presente estudo, um fator condicionante de alta relevância, pois de acordo com a sua natureza as rochas irão se comportar diferentemente em face aos processos de intemperismo.

Na área de estudo ocorrem duas tipologias litológicas distintas quanto as suas características mineralógicas, químicas, estruturais e texturais, representadas majoritariamente pelo granito porfiroidal<sup>10</sup>, comumente situado nas porções sul e

---

10 A textura porfirítica, própria das rochas ditas porfiríoides, pode ser encontrada em rochas ígneas e que consiste na existência de cristais de grandes dimensões e de forma bem definida (denominados fenocristais) no seio de uma matriz com textura afanítica (GUERRA & GUERRA, 1997).

central da Unidade Topomorfológica Tabuazeiro, cotejadas em menor grau (proporção) pelos granodioritos, situados essencialmente em seu setor norte.

Os relevos de gênese granítica se apresentam genericamente mais encaixados e com maior amplitude topográfica (desníveis considerados entre os fundos de vales e os topos/cristas dos interflúvios), visto a recorrência de vales mais profundos, principalmente, em função da ocorrência em excesso de biotita, o que denota a tais litologias maior facilidade de alteração.

O granito pórfiro consiste em uma rocha ígnea média a grosseira, composta fundamentalmente por quartzo e feldspatos alcalinos, tendo como minerais característicos, e freqüentes, a muscovita, biotita e/ou anfibólios.

A composição mineralógica dos granitos pófiros é definida por associações variadas de quartzo, feldspato, micas (biotita e/ou muscovita), anfibólios (sobretudo horblenda), piroxênios (augita e hiperstênio) e olivina. Alguns destes constituintes podem estar ausentes em determinadas associações mineralógicas, ocorrendo diversos outros minerais acessórios, porém, em proporções bem mais reduzidas.

Os granitos de granulação fina (granodiorito) são bem mais resistentes à alteração química. Dessa maneira a espessura do manto de intemperismo é muito irregular, de um lugar para o outro, dependendo frequentemente das variações litológicas.

O granodiorito consiste em uma rocha ígnea semelhante ao granito pórfiro, porém contendo mais plagioclásio do que feldspato alcalino e apresentado textura mineralógica mais fina. Apresenta, geralmente, horblenda e biotita em abundância, conferindo-o uma aparência mais escura que a do granito pórfiro. A biotita pode apresentar-se com cristais hexagonais bem desenvolvidos e a horblenda em cristais prismáticos.

Os granodioritos, mais ricos em sílica e micas brancas, se apresentam menos sensíveis ao intemperismo químico se comparado aos granitos locais, essencialmente constituídos por cristais de maior dimensão e, até mesmo, por

fenocristais<sup>11</sup>, quimicamente compostos por elementos muito solúveis, o que denota para os granitos maior velocidade de perda de coesão sob alteração, se comparados aos granodioritos.

Os granodioritos apresentam comumente grãos finos (aplitos), o que denota maior resistência aos processos corrosivos e erosivos devido a sua granulometria fina ou a ausência de biotita, conhecida também como granulitos. Em comparação as formas de relevo derivadas de granitos de textura média a grossa, as morfologias de origem granodiorítica se destacam por apresentar características peculiares, como: menor arenização das vertentes; menores valores clinométricos; vertentes mais suaves e de geometria policonvexa e maior presença do escoamento superficial difuso.

De acordo com Penteado (1978), os granodioritos pórfiros resistem bastante à degradação em virtude de sua matriz afanítica<sup>12</sup>, sendo sujeitos à esfoliação esferoidal (por variação da temperatura) devido à densa rede de fraturas e diáclases presentes, conforme é demonstrado na Figura 8.2-1 abaixo.

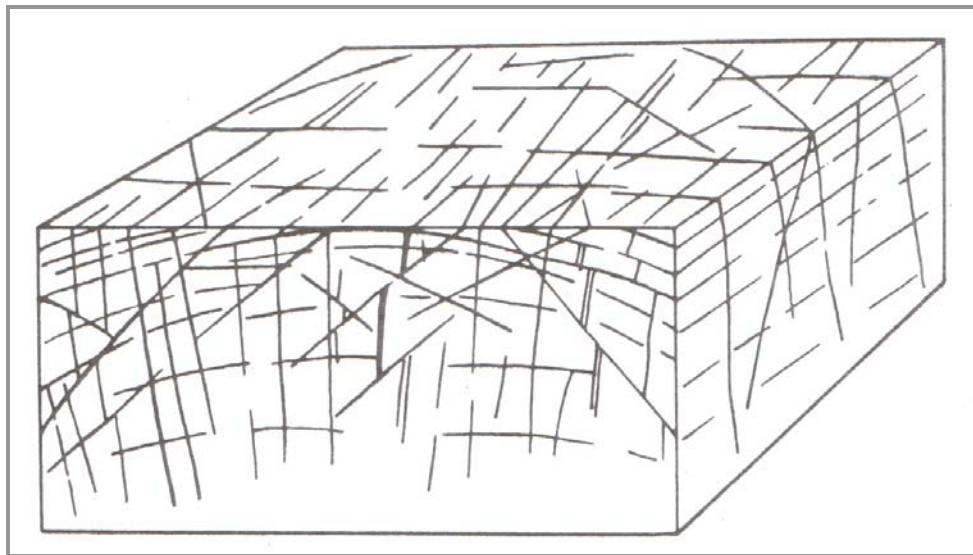


Figura 8.2-1: Diagrama esquemático de um sistema de diáclases e fraturas em um bloco rochoso. Fonte: Bigarella *et al.* (2007).

<sup>11</sup> Fenocristais é o nome dado a um conjunto de cristais de grande tamanho presente numa rocha ígnea de textura porfirítica formados na fase inicial de arrefecimento destas rochas (GUERRA & GUERRA, 1997).

<sup>12</sup> Matriz afanítica consiste numa massa rochosa constituída por cristais de pequena dimensão e sem forma definida, que testemunham que a rocha em questão arrefeceu rapidamente, não permitindo que os cristais atingissem maior dimensão nem uma forma regular (GUERRA & GUERRA, 1997).

Para Bigarella *et al.* (2007), a rede de diaclasamento é de grande importância para os deslocamentos maciços. O sistema consiste de dois tipos de diáclases. Um deles é formado pela combinação de planos (vertical, oblíquo ou horizontal) herdados dos esforços pretéritos devidos ao tectonismo, entre outras causas. O outro tipo é mais recente e desenvolve-se com o progresso da denudação regional. Este último forma um sistema de diáclases curvas, aproximadamente concêntricas, seguindo grosseiramente em subsuperfície a morfologia das vertentes.

Na Figura 8.2-2 ilustra-se a presença de redes de diáclases condicionando a estrutura subsuperficial das vertentes íngremes que se encontra em evolução comandada por condições morfoclimáticas de caráter úmido.

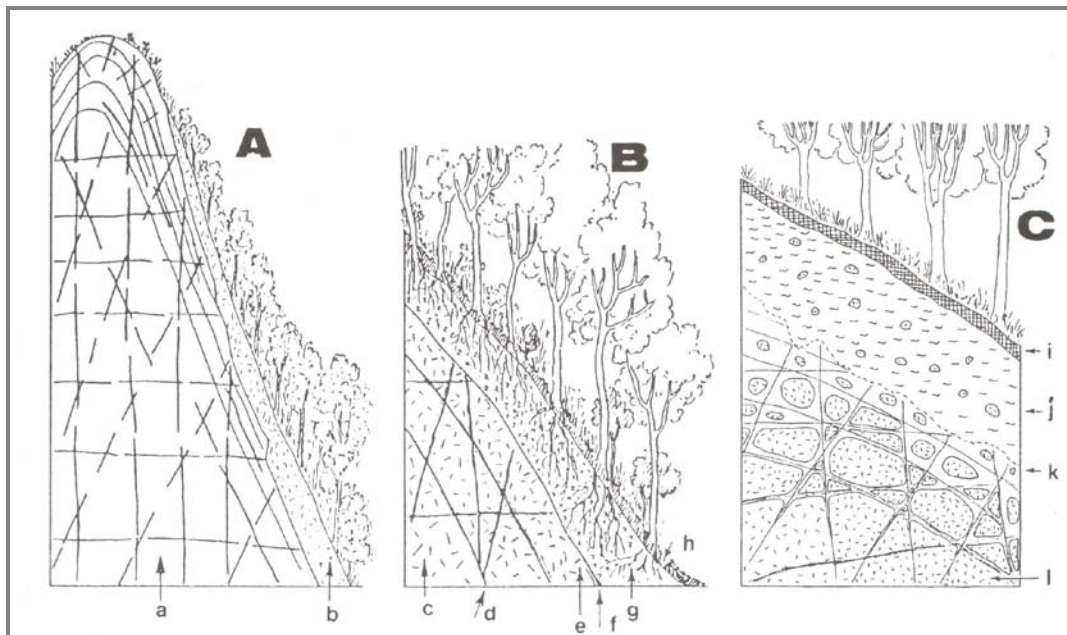


Figura 8.2-2: Estrutura superficial das vertentes íngremes das regiões serranas sob condições climáticas úmidas. **A e B** – sistema esquemático do diaclasamento em relação ao intemperismo nas encostas fortemente inclinadas. **C** – formação do manto de intemperismo em vertentes menos íngremes submetidas a condições climáticas úmidas; influência do sistema de diáclases na formação dos seixos, blocos e matacões. Legenda: **a** – rocha fresca com diáclases; **b** – solo raso; **c** - rocha fresca; **d** – intemperismo incipiente acompanhado o padrão do diaclasamento; **e** - rocha ligeiramente alterada; **f** – contato abrupto com o solo; **g** – solo; **h & i** – camada de detritos vegetais; **j** – colúvio; **k** – elúvio; **l** – rocha fresca. (modificado de Bigarella *et al.*, 1978) - Fonte: Bigarella *et al.* (2007).

Bigarella *et al.* (2007), esclarece que a velocidade relativa do intemperismo químico e a ordem de denudação dependem tanto do sistema de diáclases como da natureza da rocha. O intemperismo é mais rápido e mais profundo onde o sistema

de diáclases é mais concentrado ou onde a rocha é menos resistente. Geralmente, o manto de intemperismo é menos espesso nas áreas onde o sistema de diáclases é mais espacejado ou onde a rocha é mais resistente ao intemperismo químico.

Há de se levar em consideração que a distribuição e conformação dos vales, colinas, morrotes e morros numa dada paisagem sob atuação de clima úmido, depende essencialmente do padrão de diaclasamento e da natureza da rocha.

O adensamento e o arranjo da rede de diáclases acentuam a movimentação dos materiais da encosta. A recorrência de fenômenos geomórficos parece ser mais freqüente em áreas ou setores do relevo que apresentam regolito mais espesso, porém, podem ocorrer também em áreas com manto de intemperismo pouco espesso, entretanto, em menor grau. No primeiro caso o movimento é constituído principalmente de materiais alterados, enquanto no segundo é formado essencialmente de blocos de rochas (FERNANDES & AMARAL *et al.*, 1998).

As diáclases de geometrias curvilíneas e com mergulho na direção da clinometria (declive) maior da vertente, podem configurar planos de deslizamentos de grandes fragmentos rochosos (lajes, blocos e/ou matacões) de tamanho considerável correlacionadas às vezes a camadas de materiais de alteração pedogenética.

A espessura do manto de alteração é condicionada pela litologia e pelos sistemas de fratura e diáclases. Quando a quantidade de água infiltrada é maior do que a possibilidade de vazão, há saturação e perda de coesão interna do material. A supersaturação dos solos pela água provoca a diminuição da resistência ao cisalhamento, permitindo o início da movimentação do material intemperizado, em situação de equilíbrio estável nas encostas íngremes. Assim, a ação da água faz com que o equilíbrio precário seja rompido.

Guidicini & Nieble (1984) enfatizam que o processo de alteração em rochas, em especial nos granitos porfiroidais, sob atuação morfopedogenética inerente ao clima úmido do sudeste brasileiro, tende a formar zonas de materiais que apresentam características de permeabilidade bem diferenciadas, normalmente dispostas de modo paralelo à superfície do talude.

A ocorrência de camadas menos permeáveis, capeando camadas de maior permeabilidade, em posição paralela à superfície da encosta, poderá resultar no surgimento de artesianismo (exfiltração da água confinada no material) e no desenvolvimento de elevadas pressões neutras<sup>13</sup> nesses taludes alterados, corroborando, assim, com a instabilidade das encostas.

As rochas e os solos constituem os dois grandes grupos de materiais que podem formar uma determinada encosta. Em regiões tropicais, o clima quente úmido processa com uma velocidade maior um conjunto de alterações químicas e físicas nas rochas, dando origem a formação de um manto de alteração cujo principal produto final é o próprio solo. Como resultado deste processo de formação, o manto de alteração apresenta uma série de unidades sobrepostas e mais ou menos paralelas à superfície do terreno, cada qual com comportamentos geotécnicos distintos (resistência, erodibilidade, coesão, plasticidade, etc.) O contato entre estas unidades pode ser brusco ou gradual e, nem sempre, estão presentes na sua totalidade no substrato de uma encosta (IPT, 1991).

Com relação aos solos recorrentes na área de estudo (Unidade Topomorfológica Tabuazeiro), constata-se a ocorrência de três tipologias distintas frente as suas características geopedogenéticas fundamentais, sendo elas: o Cambissolo Distrófico, Neossolo Litólico Distrófico e o Neossolo Flúvico Distrófico.

Os Cambissolos Distróficos são caracterizados por se apresentarem pouco desenvolvidos com horizonte B incipiente. A pedogênese é pouco avançada evidenciada pelo desenvolvimento da estrutura de solo, ausência ou quase ausência da estrutura da rocha, croma mais forte, matrizes mais vermelhos ou conteúdo de argila mais elevadas que os horizontes subjacentes (EMBRAPA, 1999).

São solos com contato lítico comumente entre 50 cm e 100 cm da superfície. A relação silte/argila apresentada pelos Cambissolos Distróficos é de <0,7 e <0,6

---

<sup>13</sup> Condiz a pressão exercida na água contida nos vazios dos solos, conhecida também na mecânica de solos como poropressão (GUIDICINE & NIEBLE, 1984).



respectivamente para solos de textura média e argilosa. Pode também apresentar horizontes B (inclusive BA e BC) com espessura > 100 cm (EMBRAPA, 1999).

Para Palmieri & Larach (1995), as paisagens condizentes a ocorrência de Cambissolos Distróficos são mais diversificadas, ocorrendo de modo descontínuo sob várias coberturas vegetais e, em quase todas as unidades de relevo, sendo, porém, mais representativas nas superfícies topográficas fortemente onduladas e montanhosas. Também podem ocorrer em superfícies planas de sedimentos quaternários aluviais. Áreas de ocorrência muito representativas desta tipologia pedológica condizem às formas agudas e linhas de cristas da Serra do Mar e da Mantiqueira, podendo apresentar horizonte superficial do tipo húmico bastante espesso.

Os Cambissolos Distróficos se apresentam na área de estudo como pedotipo predominante em termos de distribuição em área, ocupando diversos setores do modelado em associação aos mais variados valores clinométricos e a materiais coluvinais, tendo sua ocorrência distribuída de modo não uniforme desde os terços superiores até os trechos mais baixos das encostas locais.

Os Neossolos Litólicos Distróficos (ou solos litólicos) apresentam, dentre suas características mais comuns, horizonte A/O hústico<sup>14</sup> com menos de 40 cm de espessura, assentado diretamente sobre a rocha ou sobre um horizonte C/Cr, ou sobre material com 90% (por volume) ou mais de sua massa constituída por fragmentos de rocha com diâmetro superior a 2 mm, como cascalhos, calhaus e matacões. Expressam também contato lítico dentro de 50 cm da superfície do solo, admitindo um horizonte B, em início de formação, cuja espessura não satisfaça a qualquer tipo de horizonte B diagnóstico (EMBRAPA, 1999).

Os Neossolos Litólicos abrangem indivíduos rasos ou muito rasos, pouco desenvolvidos, com seqüência de horizonte A, C e R ou A e R. Em geral, apresentam horizonte A diretamente sobre substrato rochoso, contudo, podem exibir

---

14 É um tipo de horizonte definido pela constituição orgânica, resultante de acumulações de resíduos vegetais depositados superficialmente, ainda que, no presente, possa encontrar-se recoberto por horizontes ou depósitos e mesmo camadas orgânicas mais recentes (EMBRAPA, 1999).

horizonte B incipiente muito pouco espesso, acima do material rochoso pouco intemperizado, sobreposto ao substrato rochoso. De modo geral, são solos muito pobres do ponto estrutural e da fertilidade.

Normalmente os Neossolos Litólicos Distróficos estão confinados a setores da paisagem mais íngremes, representados comumente por cornijas<sup>15</sup>, alinhamentos de cristas e de cumieiras e a afloramentos naturais de rochas das encostas das serras, alcantilados, penhascos, penedos etc. (PALMIERI & LARACH, 1995).

Sua presença na paisagem abordada no presente estudo se dá, preferencialmente, em setores do modelado com fortes valores clinométricos, predominantemente associados à *free faces* e/ou escarpas de falhas cotejadas por vegetação de pequeno porte, comumente herbácea à arbustiva.

Os Neossolos Flúvicos Distróficos (solos aluviais) são derivados de sedimentos aluviais com horizonte A assente sobre horizonte C constituído de camadas estratificadas, sem relação pedogenética entre si. Apresentam decréscimo irregular do conteúdo de carbono orgânico em profundidade e camadas estratificadas em 25% ou mais do volume do solo, dentro de 200 cm da superfície do solo. São solo com argila e saturação por bases baixas na maior parte dos primeiros 120 cm da superfície (EMBRAPA, 1999).

De acordo com Palmieri & Larach (1995), os solos aluviais compreendem indivíduos com horizonte pouco desenvolvidos e/ou camadas estratificadas de natureza argilosa, siltosa e/ou arenosa, dependendo da natureza do sedimento. Apresentam drenagem interna variando de bem a imperfeitamente drenado e horizonte superficial de cor escura com teores médios de matéria orgânica. Os horizontes e/ou camadas apresentam cores vivas amareladas e/ou avermelhadas. As camadas mais profundas, em geral, expressam cores neutras acinzentadas condizentes à ocorrência do lençol freático.

---

<sup>15</sup> Abrupto saliente capeado por uma camada de rocha dura. A cornija é uma forma saliente de dimensões variadas. Este termo vem do italiano *corniche* e significa coroa (GUERRA & GUERRA, 1997).

Tal tipologia compreende extensos domínios das planícies fluviais ocorrendo em todo o Brasil em áreas adjacentes aos rios em superfícies praticamente planas e sob cobertura vegetal natural, em geral, floresta com fitofisionomia de aspecto perenifólio.

O Neossolo Flúvico Distrófico esta presente em diminutas porções da Unidade Topomorfológica Tabuazeiro, especificamente, no que condiz aos limites entre as Subunidades Pedra dos Olhos e Morro do Macaco, assim como em alguns trechos inerentes ao Vale do Mulembá-Conquista, situado no extremo norte da referida área de estudo. A sua origem se encontra intimamente relacionada à remoção, transporte e deposição de materiais pedogenéticos superficiais advindos dos setores mais altos do modelado local, através, principalmente, da dinâmica de erosão laminar (“lavagem”) das encostas que conformam tais setores do modelado em questão.

O papel desempenhado pelos processos intempéricos e pedogenéticos é fundamental na compreensão da problemática da instabilidade das encostas nos trópicos úmidos. A alteração química profunda das rochas configura-se como um pré-requisito relevante para a atuação de determinados processos no desenvolvimento de distintas formas de relevo.

Mantos de intemperismo de espessuras consideráveis (muitas vezes com mais de 30 cm) são mantidos em equilíbrio dinâmico pela proteção dada pela cobertura da vegetação, como é o caso da tipologia pedológica representada na área de estudo pelo Neossolo Litólico Distrófico.

De acordo com Fernandes & Amaral (1998), a espessura do manto, sua natureza argilosa impermeável e o pequeno conteúdo de matéria orgânica comum aos solos tropicais tornam-nos excepcionalmente suscetíveis à erosão e a fenômenos geomorfodinâmicos de movimento de massa. Apenas os Latossolos mais permeáveis e os capeamentos lateríticos são mais resistentes aos processos erosivos.

Os perfis de intemperismo vão diferir conforme a clinometria da vertente. Em setores de baixo valor clinométrico, com inclinação de até o ângulo de repouso dos materiais, o perfil inclui, genericamente, debaixo para cima, características como:

- rocha fresca ou inalterada;
- zona de transição para material completamente alterado (*in situ*) denominado elúvio; e
- uma transição ao colúvio.

Conforme a nomenclatura pedológica, um perfil de intemperismo incluiria teoricamente os horizontes A, B e C. De modo freqüente, o perfil esquematizado acima se apresenta mais complexo na natureza, podendo compreender o empilhamento de vários horizontes de paleossolos (solos antigos). A presença de tais perfis na Unidade Topomorfológica Tabuazeiro é representada em maior grau pela tipologia inerente ao Cambissolo Distrófico.

Já para vertentes que apresentam forte valor clinométrico, o perfil de intemperismo apresenta condições genéticas distintas da primeira situação (inclinação suave). Geralmente, sua gênese tem como início uma vertente nua (rocha exposta), ao qual constitui herança de um episódio climático mais seco atuante preteritamente.

Tal vertente torna-se aos poucos colonizada, inicialmente por líquens e posteriormente por gramíneas e arbustos. A vegetação possibilita a acumulação e retenção de parte dos detritos que caem da parte superior da vertente formando uma delgada camada de materiais detríticos de granulometria comumente areno-argilosa (BIGARELLA *et al.*, 2007). Habitualmente, tais características estão representadas na área de estudo pela ocorrência do Neossolo Litólico Distrófico.

O contínuo acréscimo de detritos leva ao espessamento dos solos, possibilitando o crescimento de árvores para formar uma cobertura vegetal. Entre o solo acrescionário e a rocha, existe um contato abrupto. Com o passar do tempo, a rocha subjacente começa a se intemperizar, corroborando também para com a formação do solo. A intemperização segue ao mesmo tempo as diáclases, instabilizando as vertentes.

No início do processo, o material do solo contém muitos fragmentos de feldspatos, o que lhe confere um aspecto textural grosseiro. O intemperismo do feldspato prossegue com o tempo, transformando-o inteiramente em caulinita<sup>16</sup>. O progressivo aumento dos minerais de argila no perfil do solo contribui para aumentar a instabilidade da vertente. A alta pluviosidade satura o solo com água favorecendo uma sobrecarga que contribui para a lubrificação dos planos de cisalhamento. Talvez o ponto mais importante esteja localizado no contato entre a rocha e solo.

Conforme Cruz (1974) *apud* (BIGARELLA *et al.*, 2007), os escorregamentos estão relacionados a dois tipos de contatos onde se localizam os lençóis aquíferos: solo propriamente dito (horizontes A e B) com a rocha parcialmente decomposta (horizonte C) e; rocha alterada (núcleos e alargamentos de diáclases) em contato com a rocha fresca.

O intemperismo progressivo junto à rede de diáclases da rocha facilita a remoção de fatias das mesmas por meio da ação dos movimentos descendentes das vertentes. Em alguns casos, a própria camada de rocha limitada pelo diaclasamento curvilíneo “escorrega” após o processo de intemperização e lubrificação causada pelo excesso de água no perfil.

A prevalência de caulinita no material de encosta favorece, conforme as observações desenvolvidas por Bigarella *et al.* (2007), ao desencadeamento de fenômenos geomorfodinâmicos severos como os movimentos coletivos de massa.

De acordo com o autor acima aludido, esse mineral possui um coeficiente de contração reduzido que auxilia o fissuramento do material por dessecação, facilitando a infiltração profunda de água. A tipologia pedológica representada pelo Cambissolo Distrófico é a que se enquadra melhor nas condições geopedológicas acima destacadas, sendo assim consideravelmente maior a sua suscetibilidade à

---

<sup>16</sup> A caulinita ou caolin é um argilo-mineral de alumínio hidratado, 1:1, formado pelo intemperismo gerado pela hidrólise parcial, em condições de drenagem menos eficientes, onde todo o potássio é totalmente eliminado pela quebra pela água, onde 66% da sílica permanecem no mineral formado (GUIDICINE & NIEBLE, 1984).

erosão e/ou movimentações nas encostas, em relação às demais tipologias recorrentes na área de estudo.

Contanto, a tipologia condizente ao Cambissolo Distrófico se apresenta comumente mais instável dos que os demais pedotipos (Neossolo Litólico Distrófico e Neossolos Flúvico Distrófico). Tal fato se deve em função das características acima destacada, bem como, por esse (Cambissolo Distrófico) apresentar forte heterogeneidade textural em seus horizontes (predominantemente arenosa) e considerável espessura de suas camadas, o que denota maior suscetibilidade a processos erosivos e movimentos de massa severos.

Mesmo associados a setores de média a baixa energia potencial ou de inclinação (clinometria), o Cambissolo Distrófico é considerado, para área de estudo, como os mais propensos a serem destruídos e/ou movimentados pelos agentes gravitacionais e pluvioerosivos dos que o Neossolo Litólico Distrófico.

Devido à diminuta espessura de seu perfil e por estarem associados normalmente à textura areno-argilosa, o Neossolo Litólico Distrófico se comporta com menor suscetibilidade a erosão e/ou movimentação coletiva do que o Cambissolo Distrófico e Neossolo Flúvico Distrófico, exceto em situações morfológicas onde estes se encontram assentados sobre setores do modelado com fortes valores clinométricos.

Corroborar com tal estabilidade do Neossolo Flúvico Distrófico o fato de que seu ambiente de formação se encontra associado a setores da área de estudo (em especial no que condiz ao Vale do Mulembá-Conquista), onde predominam a baixa declividade e/ou suavidade das formas, atreladas à sobrepujança dos processos acumulativos sobre os erosivos.

A remoção do manto de intemperismo pela erosão pode resultar muita das vezes em paisagens geomorfológicas “bizarras”. Estas podem ser representadas por extensos campos de blocos/matacões arredondados, *tor's*, domos residuais, entre outras formas, como podem ser verificadas com maior destaque no setor territorial condizente a Subunidade Topomorfológica Joana D'Arc-Mulembá.



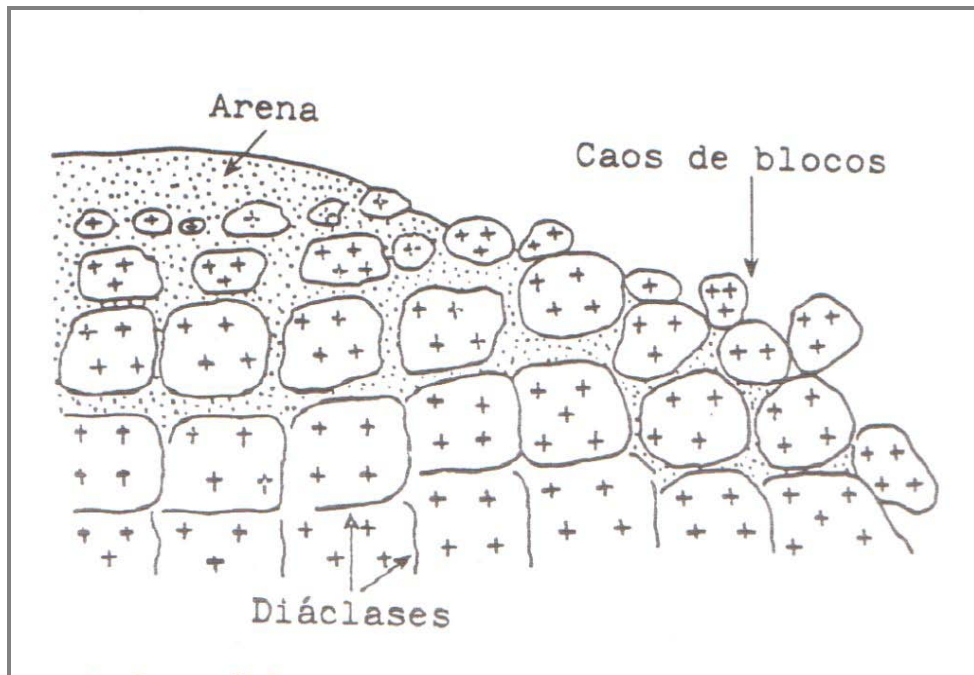


Figura 8.2-4: Desagregação de um maciço granítico em matacões através do processo de decomposição esférica. A remoção dos detritos do intemperismo pela erosão laminar das encostas dá origem a formação de uma de pedras (caos de blocos). Fonte: Bigarella *et al.* (2007).

O termo bloco adotado no presente estudo, encontra-se atrelado à definição adotada pela Escola Francesa de Classificação Granulométrica, que consiste nos dizeres do prof. Jacques Boucart, em fragmentos de rochas cujos diâmetros são superiores a 500 mm (GUERRA & GUERRA, 1997).

Optou-se no corpo do presente estudo por se fazer uso do termo caos de blocos e/ou blocos caoticamente dispersos, em função de designar conjuntos com grande número de fragmentos ou blocos de rocha de tamanhos muito variados.

A constatação da ocorrência de blocos dispersos em certos setores do relevo se torna importante do ponto de vista da interpretação dos aspectos morfogenéticos e morfodinâmicos, principalmente quanto à constatação de parcelas do terreno onde a maior ou menor intensidade dos processos pedogenéticos e erosivos estão ligados diretamente a condicionantes litoestruturais.

Associados aos conjuntos de caos de blocos ou campo de matacões, comumente, faz se presente na paisagem dos trópicos úmidos, com grande destaque, a recorrência de feições denominadas na literatura especializada como *tor's*. De



acordo com Bigarella *et al.* (2007), os *tor's* são afloramentos de rocha cristalina em forma de pináculos exumados resultantes da remoção dos detritos do intemperismo. A sua origem é controlada pelo sistema de diaclasamento que deixa entre estes grandes núcleos retangulares de rocha.

A ocorrência de *tor's* e de relevos residuais em forma de domos faz-se bastante comum para área de estudo. Destaque-se de modo expressivo na paisagem local a ocorrência de *tor's* de origem granodiorítica posicionados no terços superiores das vertentes condizentes a Subunidade Topomorfológica Joana D'Arc-Mulembá. Estes se apresentam conformados por geometrias policonvexas a convexo-retilíneos, evidenciado, assim, forte controle estrutural constatada pela presença de uma densa rede de diaclasamento, corroborando, desta maneira, com o processo de esfoliação esferoidal.

Tais morfologias são comumente cotejadas na área de estudo por campos de blocos/matacões topograficamente posicionados nos terços médios e inferiores das vertentes, apresentando estes últimos dimensões variadas e geometria subangular a retilínea. Os planos de diaclasamento ortogonais presentes facilitam a percolação dos agentes meteóricos, em especial às águas pluviais, ocasionando a solubilização dos elementos dos granitos e granodioritos mais suscetíveis ao ataque químico, como os feldspatos e micas.

Na descrição de matacões aflorantes na Serra de Cabras e Cocaís na parte oriental de Campinas (SP), Christofolletti (1968) *apud* Bigarella *et al.* (2007) estabelece correlação dos campos de blocos com as formas topográficas e as áreas graníticas, bem como seu significado peleoclimático. O referenciado autor constata que os matacões recobrem as partes mais altas das vertentes e os topos. As vertentes apresentam clinometria bastante acentuada, em geral superior a 30°. Em vertentes muito íngremes, o acavalamento de alguns blocos apoiados em ponto de equilíbrio muito instáveis podem demonstrar um ligeiro deslizamento.

Porém, a definição do grau de instabilidade do caos de blocos e/ou matacões, depende não apenas da inclinação das encostas, mas também de sua associação às tipologias pedológicas subjacentes (que dão sustentação morfológica a tal

conjunto de materiais), visto que estas devem ser consideradas de extrema importância para a dinâmica evolutiva do relevo.

Portanto, fora necessário para o desenvolvimento da presente proposta metodológica de avaliação da instabilidade potencial do relevo, a distinção dos materiais inerentes ao caos de blocos/matacões frente sua conjunção a sua estrutura subsuperficial, ou seja, a que lhe confere sustentação sobre o relevo.

Para tal fora imputado aos campos ou caos de blocos recorrentes na área de estudo a idéia de pacotes distintos de materiais superficiais, definidos assim em três tipologias, definidas em:

- associação de caos de blocos a Neossolos Litólicos Distróficos;
- associação de caos de blocos a Cambissolos Distróficos; e,
- associação de caos de blocos a Neossolos Flúvicos Distróficos.

A presença de caos de blocos na Unidade Topomorfológica Tabuazeiro ocorre atrelada a todas as tipologias pedológicas presentes. Nos terços superiores das vertentes, os caos de blocos encontram-se associados preferencialmente aos Neossolos Litólicos Distróficos. Já para os terços médios e inferiores nota-se maior correlação dos caos de blocos com os Cambissolos Distróficos e Neossolos Flúvicos Distróficos.

O conjunto formado por caos de blocos em associação aos Cambissolos Distróficos se apresenta na área de estudo potencialmente mais instável em comparação a conjunção com os demais pedotipos (solos), como os Neossolos Litólicos Distróficos e Neossolos Flúvicos Distróficos, respectivamente. Tal distinção em níveis de instabilidade/fragilidade destes pacotes se funda nas observações das peculiaridades estruturais, texturais e morfológicas apresentadas por cada tipologia pedológica já discutadas no presente *caput*.

A observação e a análise integrada desse conjunto de materiais são consideradas aqui primordiais para a compreensão dos aspectos evolutivos do relevo em sua atualidade, assim como para o entendimento da dinâmica de fluxos hídricos no

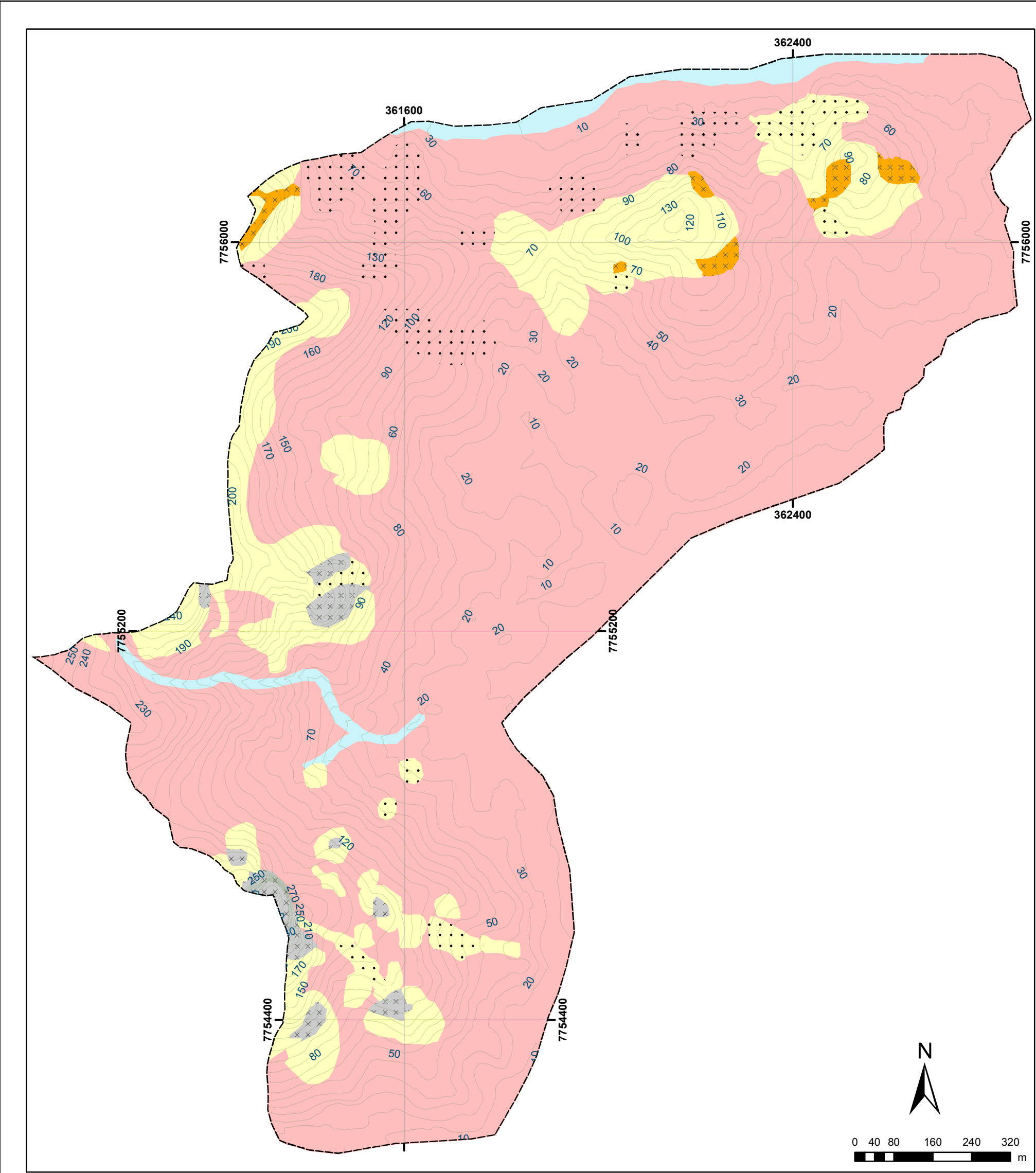
sistema vertente e suas manifestações na paisagem, consubstanciadas pela ocorrência de fenômenos geomorfodinâmicos.


Além de sustentar e dar forma ao modelo terrestre, os materiais superficiais com suas características distintas (estrutura, textura, forma, tamanho e profundidade), encontram-se intimamente relacionados com a diversidade de tipos de cobertura vegetal. Estas, por sua vez, estabelecem considerável reciprocidade frente aos processos geomorfodinâmicos atuantes sobre estes materiais, interferindo conforme suas especificidades na manutenção ou não do estado de equilíbrio das formas.

Os procedimentos de apreensão, análise e correlação das tipologias litológicas, pedológicas e dos demais materiais correlativos presentes na área de estudo, são considerados de suma relevância para a compreensão da gênese e evolução do relevo local, bem como na definição de seus distintos níveis de equilíbrio dinâmico ou de tendências evolutivas. Isto se deve ao fato de que tais aspectos se encontram intimamente relacionados às interveniências naturais e antrópicas atuantes sobre a morfodinâmica e geomorfogênese num determinado sítio.

Os aspectos acima elencados se apresentam intimamente relacionados às condições atuais de equilíbrio do meio, refletidas na distinção de áreas do modelado onde predominam os processos geopedogenéticos com a formação de espessas camadas de materiais alterados de áreas onde prevalece a morfogênese representada pela forte atuação dos processos de dissecação e denudação.

Contudo, o plano de informação condizente aos materiais superficiais é composto pelas oito classes aqui destacadas, conforme ilustra a Figura 8.2-5 a seguir.



| LEGENDA   |  | DADOS TÉCNICOS   |  | Figura 8.2-5: Carta de Materiais Superficiais<br>Unidade Topomorfológica Tabuazeiro<br>Vitória-ES |                    |  |
|---|--|--|--|---|--------------------|--|
| <b>Materiais Pedológicos</b><br><div><div></div> Cambissolo Distrófico</div> <div><div></div> Neossolo Litólico Distrófico</div> <div><div></div> Neossolo Flúvico Distrófico</div><br><b>Materiais Detríticos</b><br><div><div></div> Caos de Blocos Associados a Cambissolo Distrófico</div> <div><div></div> Caos de Blocos Associados Neossolo Litólico Distrófico</div><br><b>Litologia Sã</b><br><div><div></div> Granito</div> <div><div></div> Granodiorito</div> |  | Projeção UTM<br>Meridiano Central: -39° W de Greenwich<br>DATUM: SAD 69 - Zona 24S   |  |   |                    |  |
|   |  | LOCALIZAÇÃO  |  | ORGANIZADOR:<br>FERNANDO MIEIS CAUS   |                    |  |
|   |  |  |  | INSTITUIÇÃO:<br>UFES<br>CCHN-PPGG   |                    |  |
|   |  |  |  | DATA:<br>Dez/2009   | ESCALA:<br>1:8.000 |  |
|   |  |  |  | FONTES:<br><br>IBGE<br>Prefeitura Municipal de Vitória/SUBTI                                      |                    |  |
| <div><div></div> Limite da Área de Estudo</div> <div><div></div> Curva de Nível 5x5 m</div> <div><div>150</div> Cota Alimétrica em m</div>  |  |  |  |   |                    |  |

Assim, dentro dessa perspectiva Ecodinâmica ou da Ecologia da Paisagem, tanto os solos como seus materiais associados possuem papel fundamental no que se refere, não apenas a construção da CIPRE, mas também, na verificação de seus resultados frente à realidade do meio em questão.

### 8.3 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Os tipos de uso e ocupação do solo urbano possuem forte relevância para a construção, desenvolvimento e análise do modelo físico proposto, visto que refletem de modo direto as relações/interações dialéticas entre as atividades antrópicas e as constituintes naturais inerentes a Unidade Topomorfológica Tabuazeiro.

Cassetti (1995) destaca que a apropriação do modelado terrestre como recurso e/ou suporte para o desenvolvimento das atividades da sociedade pós-moderna, é responsável, tanto de forma direta como indireta, por algumas modificações substanciais em seu estado natural que, comumente, se consubstanciam no desencadeando de diversos processos a nível morfológico e morfodinâmico, como:

- a alteração sensível das relações processuais relacionadas a distribuição da água pluvial no sistema vertente, indo do domínio da infiltração para o domínio do fluxo por terra;
- o desenvolvimento acentuado da morfogênese em detrimento da pedogênese; e
- as atividades erosivas em prejuízo ao comportamento biostático ou fitoestático relativo ao estágio precedente de estabilidade.

Certas ações antrópicas podem em determinadas situações desencadear, acelerar, ou até mesmo inibir a ocorrência de processos erosivos e de movimentos de massa, em específico os fenômenos de escorregamentos relacionados ao desenvolvimento de algumas atividades antrópicas consideradas como indutoras, entre elas:

- a subtração da cobertura vegetal;

- a construção de estradas e vias de acessos;
- a utilização de técnicas de cultivo inadequadas ou agressoras ao meio;
- os cortes e remoções de materiais pedológicos e rochosos; e,
- o depósito de lixo urbano e/ou industrial sobre as encostas.

Em relação às diversas intervenções no meio ambiente praticadas pelos inúmeros grupos sociais e seus respectivos sistemas produtivos, Ross (2006) tece um esclarecedor contraponto sobre a questão do real alcance dos impactos negativos do homem sobre a primeira natureza, que devem, antes de tudo, ser relativizados, pois, segundo ele:

“As inserções humanas, por mais tecnificadas que possam ser não criam natureza, não modificam as leis da natureza, apenas interferem nos fluxos de energia e matéria alterando suas intensidades, forçando a natureza e encontrar novos pontos de equilíbrio funcional. Assim, os diferentes modos de produção desenvolvidos pelos diferentes sistemas econômico-sociais, em função de suas maiores ou menores capacidades de promover alterações na natureza, modificam e intensificam as trocas energéticas, mas não criam e tampouco mudam as leis que regem a funcionalidade dos sistemas ambientais naturais.” (p: 56).

Assim a apreensão, registro e análise integrada dos tipos de uso e ocupação solo tem como propósito central na presente pesquisa contribuir para uma aproximação qualitativa das diversas respostas do modelado frente às modificações/alterações dos fluxos de energia e matéria impostas pelo desenvolvimento das atividades sócio-econômicas urbanas recorrentes.

Entretanto, tal tarefa encontra diversas dificuldades e limitações de cunho metodológico e prático para o seu desenvolvimento, sendo estas explanadas de forma clara por Ross (1990), quando o mesmo afirma que:

“A noção clara dos limites das interdependências de um componente e outro, bem como dos limites de inserção dos seres humanos na natureza não é precisa e os fluxos de energia e matéria são absolutamente impossíveis de ser mensurados em sua

totalidade. As interferências decorrentes das relações sociedade-natureza produzem concretamente espaços territoriais, que podem ser mais ou menos intensamente modificados pelas inserções tecnológicas dos diferentes grupos sociais.” (p: 57).

Mesmo considerando tal complexidade de apreensão dos fluxos de matéria e energia inerentes às relações homem meio ambiente, não se deve negligenciar ou abrir mão de se propor uma aproximação quanto à caracterização de áreas ou setores do relevo que possuam singularidades e disparidades em relação a sua dinâmica co-evolutiva com a sociedade que os envolvem e os transformam continuamente.

Assim, no intento de abarcar, tanto de modo qualitativo como quantitativo, certa parte ou espectro de tal complexidade de elementos e de fluxos de energia e matéria presente no meio urbano, elaborou-se a carta de uso e ocupação do solo da Unidade Topomorfológica Tabuazeiro. Esta é constituída de aspectos inerentes a diversas tipologias de cobertura vegetal, de fixos/instrumentos urbanos dentre outros usos distintos, sendo seu conjunto definido pela presença de elementos mapeáveis na área de estudo, sendo eles:

- vegetação secundária ou estágio de regeneração;
- macega;
- pasto;
- solo exposto;
- rocha exposta; e,
- edificações e vias de circulação.

Com relação ao item vegetação secundária, definiu-se como padrão para aquisição de seus aspectos a distinção de sua ocorrência para a área de estudo em três classes ou estágios distintos, como prevê a Política Florestal do Espírito Santo, (Lei n.º 5.361) em seu artigo 5º, itens XIII, XIV e XV, definidos em:

- estágio inicial de regeneração;
- estágio médio de regeneração; e,

- estágio avançado de regeneração.

No caso específico da área de estudo escolhida, estes estágios condizem a fragmentos da Mata Atlântica de Encosta, identificados conforme a Lei da Política Florestal do Espírito Santo em seu artigo 5º item XII, como “(...) *resultante de processos naturais de sucessão, após supressão total ou parcial da vegetação primária por ações antrópicas ou causas naturais, podendo ocorrer árvores remanescentes da vegetação primária*”.

A classificação dos fragmentos florestais conforme seus respectivos estágios de regeneração possuem como parâmetros apontados pela citada lei a observação sistemática das seguintes características:

- fisionomia da vegetação;
- presença de espécies lenhosas;
- presença de epífitas;
- presença de trepadeiras;
- presença de serrapilheira;
- diversidade biológica;
- presença de sub bosque; e,
- dimensão área basal.

O Quadro 8.3-1 apresentado a seguir, explana de maneira sintética e objetiva as relações existentes entre as características fito-fisionômicas e ambientais condizentes à classificação das tipologias de estágios de regeneração ora consideradas.



**Quadro 8.3-1: Características de Classificação dos Estágios de Regeneração da Vegetação Nativa da Mata Atlântica.**

| <b>Estágios de Regeneração</b> | <b>Fisionomia</b>  | <b>Espécies Lenhosas</b>   | <b>Epífitas</b>  | <b>Trepadeiras</b>  | <b>Serrapilheira</b>  | <b>Diversidade Biológica</b>  | <b>Sub bosque</b>                                   | <b>Área Basal</b>   |
|--------------------------------|--|--|--|---|---|---|---|---|
| <b>Inicial</b>                 | Herbáceo/arbustiva de porte baixo, com cobertura vegetal, variando de fechada e aberta.  | Com distribuição diamétrica de pequena amplitude.  | Se existentes representadas principalmente por líquens, briófitas e pteridófitas, com baixa diversidade.                         | Se presentes, geralmente herbáceas.   | Quando existentes, formando uma camada fina, pouco decomposta, contínua ou não.               | Variável com poucas espécies arbóreas ou arborescentes, podendo apresentar planuras de espécies características de outros estágios. | Ausente.  | Considerando os indivíduos com DAP maior ou igual a 10 cm, poderá variar de 02 a menor que 10 m <sup>2</sup> /há. |
| <b>Médio</b>                   | Arbórea e/ou arbustiva predominando sobre a herbácea, podendo constituir estratos diferenciados. Cobertura arbórea variando de aberta a fechada e ocorrência eventual de indivíduos emergentes.  | Com distribuição diamétrica apresentando amplitude moderada, com predomínio de pequenos diâmetros. | Aparecendo com maior número de indivíduos e espécies em relação ao estágio inicial, sendo mais abundantes na floresta ombrófila. | Quando presentes, predominantemente lenhosas.                                     | Presente, variando de espessura, de acordo com as estações em relação do ano e a localização. | Significativa.  | Presente.   | Considerando os indivíduos com DAP maior ou igual a 10 cm, poderá variar de 10 a menor que 18 m <sup>2</sup> /há. |
| <b>Avançado</b>                | Arbórea dominante sobre as demais, formando um dossel fechado e relativamente uniforme no porte, podendo apresentar árvores emergentes com diferentes graus de intensidades semelhantes à vegetação primária. Copas superiores que se apresentam horizontalmente amplas e com distribuição diamétrica de grande amplitude. | Com distribuição diamétrica de grande amplitude.   | Aparecendo com maior número de indivíduos e espécies em relação ao estágio inicial, sendo mais abundantes na floresta ombrófila. | Geralmente lenhosas, sendo abundantes e ricas em espécies na floresta estacional. | Abundante.  | Muito grande devido à complexidade estrutural.  | Normalmente menos expressivos do que estágio médio. | Considerando os indivíduos com DAP maior ou igual a 10 cm, variando de 18 a 30 m <sup>2</sup> /há.                |

Fonte: Espírito Santo (1996); Lei n.º 5361: Política Floresta do Espírito Santo; art. 5º, itens XIII, XIV e XV.

Conforme a Lei 5.361 (Política Florestal do Espírito Santo) em seu artigo 5º item XVI, o termo macega se refere a *“forma de vegetação alterada, com predomínio de indivíduos de porte herbáceo, podendo haver a presença de alguns do arbustivo e raramente um ou outro arbóreo”*. Comumente pode-se associar a ocorrência de pastagens abandonadas, ou seja, que não se prestam mais (pelo menos temporariamente) a atividade pastoril, denotando certa diferenciação entre ambos, principalmente em relação a maior biodiversidade daquelas em relação aos pastos amplamente explorados.

As tipologias vegetacionais acima destacadas possuem importante papel na determinação das unidades de instabilidade potencial do relevo, visto que estas se encontram intimamente relacionadas aos processos modeladores do relevo, fato sua interferência decisiva na dinâmica de distribuição quantitativa e qualitativa dos fluxos hídricos superficiais e subsuperficiais.

Numa instância superior, os tipos de vegetação podem ser encarados como reflexo imediato do estado atual de equilíbrio da paisagem “natural” ou do quadro momentâneo de sua fisiologia, tendo como exemplo diretas sintomáticas relacionadas à ocorrência e/ou intensificação de certos fenômenos geomorfodinâmicos severos.

A vegetação possui a capacidade de alterar a estabilidade superficial das encostas de diversos modos significativos e importantes. Os benefícios protetores ou estabilizadores da vegetação dependem essencialmente de sua tipologia e dos processos de degradação recorrentes na encosta. No caso da estabilidade de massas, os benefícios protetores da vegetação arbórea vão desde o esforço a contenção mecânica pelas raízes e caules até a modificação da hidrologia da encosta, com resultado da remoção de umidade dos solos pela evapotranspiração.

É sabido que a remoção da vegetação das encostas pode resultar no aumento considerável das taxas de erosão ou na frequência de rupturas/movimentos de materiais geológicos e pedogenéticos nas encostas. Tal relação de causa e efeito pode ser demonstrada por meio de diversos resultados obtidos por inúmeros

estudos de campo e de laboratório, relatados em literaturas técnicas especializadas em movimentos de massa e processos erosivos em vertentes.

A vegetação, na maior parte das vezes, tem uma influencia benéfica na questão da estabilidade de encostas; entretanto, ocasionalmente pode contribuir para com a instabilidade ou apresentar outros impactos não desejáveis.

Nas regiões condizentes aos trópicos úmidos do Brasil cobertos de floresta, o movimento das partículas de solo é relativamente restrito pela presença de um manto de detritos vegetais significativo, denominado de serrapilheira. A ação de queda de árvores e das perturbações de animais parece ser insignificante quando comparada com a quantidade de movimento sofrida pelo manto de intemperismo resultante das condições ambientais diferentes das atuais.

Condições climáticas diversas das hodiernas foram responsáveis pelo deslocamento generalizado e extensivo do manto de intemperismo sobre o qual atualmente viceja a floresta. A aceleração dos movimentos de massa e dos processos erosivos requer a subtração da vegetação para que seja facilitada a ação das águas de infiltração e exfiltração, perturbando o balanço hídrico do subsolo. A subtração ou perda da vegetação pode ter origem na deterioração climática (mudança climática para semi-aridez) ou pela atividade antrópica irresponsável ou sem planejamento.

Com relação às condicionantes e fatores contribuintes para a situação da instabilidade das encostas nos trópicos úmidos, Bigarella *et al.* (2007) põem em destaque que os procedimentos de rarefação da vegetação e/ou desmatamento associados à alta pluviosidade, caracterizam forte condicionamento ambiental para o início dos processos de movimentos de massa nas vertentes, visto que:

“A presença de florestas controla o escoamento superficial e a infiltração das águas no manto de intemperismo, diminuindo a penetração excessiva de água no subsolo, favorecendo o relaxamento dos esforços internos através da lubrificação dos planos de cisalhamento, fator fundamental para o início de movimentos de massa e processos erosivos (p: 1034).

As chuvas pesadas e torrenciais que encontram o terreno já “encharcado” é um fator altamente instabilizador das encostas. Logo após o desmatamento, verifica-se uma selagem dos poros da porção superficial do manto de intemperismo, impermeabilizando-o favorecendo o escoamento superficial. O crescimento da vegetação rasteiras rompe a selagem promovendo maior infiltração, porém, com evapotranspiração reduzida e pouco significativa quando comparada com aquela da floresta pretérita.

Entretanto, para Usselman (1968), a floresta não consiste em sua plenitude num obstáculo aos movimentos de massa. Ao contrário, as formações vegetais densas facilitariam por diversos motivos tais movimentos, originando numerosas cicatrizes que marcam a paisagem das serras e encostas tropicais. Esses movimentos seriam causados ou por situações ambientais relacionadas principalmente ao excesso de peso/matéria orgânica, solos muito espessos, umidade excessiva e ao sistema radicular dos vegetais.

Essa colocação do problema é altamente discutível e questionável visto que sem a floresta não haveria solos e as vertentes estariam nuas ou cobertas com material rudáceo (grosseiro) de modo coetâneo ao que ocorre nas regiões semi-áridas. Para Bigarella *et al.* (2007), os movimentos de massa súbitos sob floresta ocorrem somente em vertentes muito íngremes, em função, principalmente, da alta pluviosidade que encharca os solos rasos que recobrem a litologia.

De Ploey (1981, 1985), defende a tese de Usselman (1968), a propósito dos escorregamentos em “prancha” nas Serras do Mar (Caraguatatuba, SP) e da Mantiqueira (Campos do Jordão, SP). O referido autor enfatiza que nos períodos muito chuvosos a cobertura florestal favorece os grandes escorregamentos através do sistema radicular que aumenta a condutividade hidráulica dos solos, permitindo, assim, o armazenamento de grande quantidade de água no manto de intemperismo, corroborado pelo próprio peso da densa vegetação.

Porém, Bigarella *et al.* (2007) afirmam que essa tese não se fundamenta em fatos concretos, necessitando de evidências apropriadas. De acordo com De Ploey (1981,

1985), a retirada da floresta contribui para maior estabilização das vertentes, diminuindo, desta forma, os riscos de erosão e escorregamentos, o que na realidade não se verifica.

O exame de fotos aéreas mostra que a grande maioria dos deslizamentos ocorridos na Serra do Mar e Mantiqueira nos últimos 40 anos ocorreram em áreas antropicamente degradadas e menos, freqüentemente, em áreas florestadas. Nestas verificou-se que os escorregamentos tiveram lugar em terrenos de maior declividade (solos pouco espessos), enquanto nas áreas degradadas ocorreram muitas das vezes em vertentes de menor inclinação (BIGARELLA *et al.*, 2007).

A cobertura vegetal exerce uma função de retenção da água da chuva. De acordo com Stenberg (1949) *apud* Bigarella *et al.* (2007), o dossel de folhas intercepta em média de 10 a 15% da precipitação e durante chuviscos de pequena duração chega a deter 100% da chuva precipitada. Essa água é imediatamente evaporada, não atingindo o solo. Prandini *et al.* (1976) afirmam que a interceptação na floresta tropical chega a representar 40% do total pluviométrico incidente.

A degradação da vegetação constitui um fator fundamental na desestabilização das encostas. Segundo Bigarella *et al.* (2007), a correlação entre o número de escorregamentos e o tipo de vegetação existentes nas vertentes da Serra do Mar, em Cubatão (SP), revelou que é o maior número de eventos (duzentos especificamente) ocorrido em áreas de mata fortemente degradadas. Nas de matas com fraca degradação foram assinaladas 184 cicatrizes, enquanto nas matas preservadas o índice foi baixo. Nas macegas foram encontradas de 42 a 79 cicatrizes.

Portanto, existe um consenso generalizado de que as florestas desempenham um importante papel na proteção do solo e de que o desmatamento pode propiciar, não apenas o aparecimento da erosão, mas também de movimentos coletivos de solo. Tal senso encontra-se nas opiniões da maioria quase absoluta dos autores pesquisados.

De maneira geral, a atuação da floresta se dá no sentido de reduzir a intensidade da ação dos agentes do clima sobre os materiais superficiais, assim favorecendo a estabilidade das encostas.

As ações específicas dos diversos componentes da cobertura florestal atuam de distintos modos sobre os materiais superficiais. Tal conjunto de relações no âmbito da estabilização das encostas encontra-se sinteticamente relacionadas no Quadro 8.3-2 a seguir.

**Quadro 8.3-2: Atuação da Cobertura Vegetal para a Estabilização das Encostas.**

| Ação específica dos Componentes da Floresta  | Modos Principais de Atuação  |
|--|--|
| Conjunto de copas e demais partes aéreas da floresta   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Interceptação e defesa do maciço da ação dos raios solares, dos ventos e da chuva, evitando bruscas variações na umidade e temperatura do solo da encosta contribuindo com a estabilidade da mesma</li> <li>- Retenção substancial do volume d'água, através da folhagem, galhos, troncos, e epífitas eliminando a água da chuva em forma de vapor ao equivalente ao volume precipitado sobre área</li> <li>- Eliminação na forma de vapor de grande volume d'água excedente do metabolismo vegetal, por meio da evapotranspiração, reduzindo de modo benéfico a infiltração efetiva no maciço</li> </ul>   |
| Detritos vegetais em contínua acumulação no terreno da floresta  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Imobilização de boa parte da água que atinge o terreno, por meio de sua alta capacidade de retenção, que é função de sua espessura</li> <li>- Promoção em conjunto com o sistema radicular superficial, o escoamento hipodérmico em virtude de sua estrutura acamada, resultante da deposição de fragmentos planares e alongados.</li> <li>- Frenagem do escoamento superficial, em condições de máxima pluviosidade, possibilitando a adução desta parcela de água para o regime de escoamento hipodérmico</li> </ul>  |
| Sistema radicular promovendo a estabilização das encostas por meio de aspectos hidráulicos e mecânicos | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Estruturação mecânica do solo, conferindo a este um acréscimo substancial de resistência ao cisalhamento e, indiretamente, através da continuidade de sua estrutura formando uma malha que distribui na encosta as tensões originadas em pontos críticos.</li> <li>- Estabelecimento de escoamento hipodérmico, que desvia e/ou reduz a intensidade da infiltração efetiva no maciço, tendo participação de forma indireta à ação biológica, configurando um sistema de sucção, com efeitos benéficos como a criação de pressões neutras negativas, aumentando a coesão dos solos e subtraindo a parte da água destinada à infiltração efetiva</li> </ul> |

Fonte: Guidicine & Nieble (1984).

A Figura 8.3-1 condiz a uma visualização dos efeitos específicos dos componentes da cobertura vegetal em associação aos elementos que integram o balanço hídrico de uma encosta florestada.

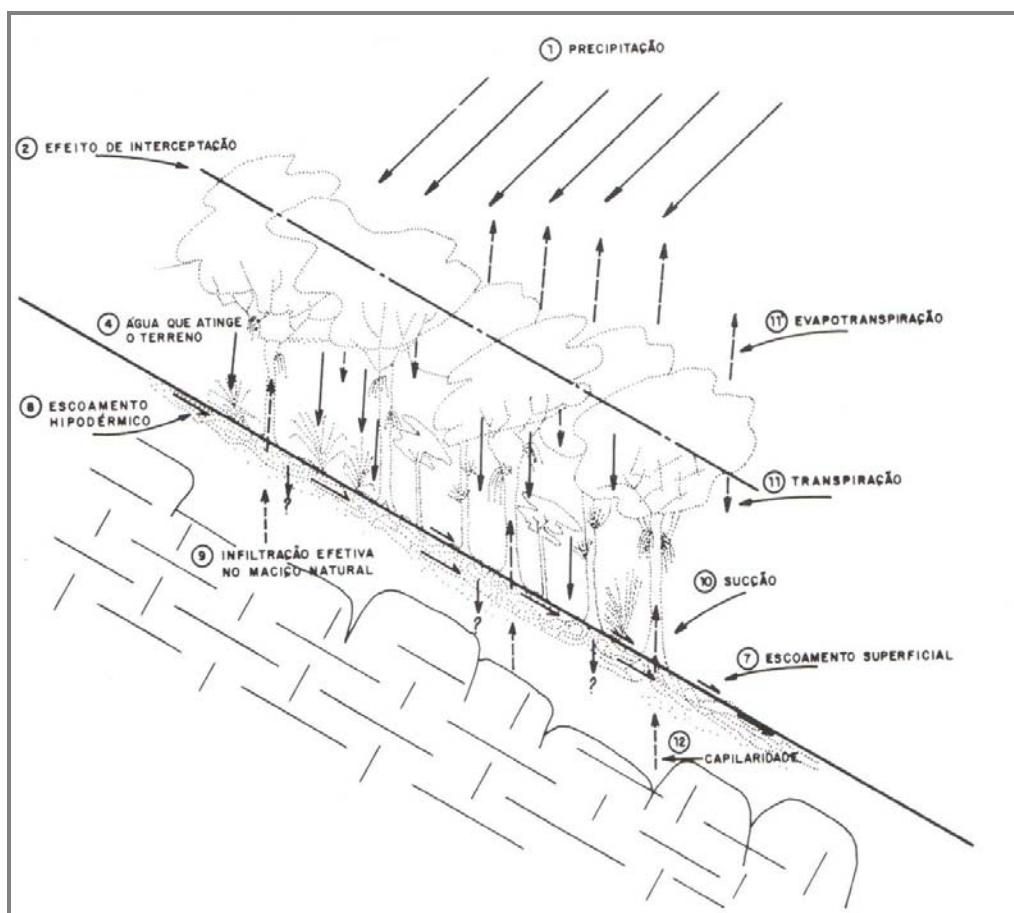


Figura 8.3-1: Principais componentes do balanço hídrico de uma encosta florestada (PRANDINI *et al.*, 1976). Fonte: Guidicine & Nieble, (1984).

Dentre diversos estudos, a cobertura vegetal tem sido considerada como fator de estabilização de encostas, não somente em relação à ocorrência de grandes escorregamentos, como também em relação a movimentos lentos e rastejos.

Um outro efeito benéfico da cobertura vegetal consiste na limitação da área atingida por escorregamentos, por meio de mecanismos de retenção da massa movimentada. Esse efeito frenador e dissipador de energia do material em deslocamento circunscrevem às áreas afetadas, minimizando os danos em terrenos situados à jusante do escorregamento (GUIDICINE & NIEBLE, 1984). Neste caso, além da proteção oferecida as estruturas, obras civis e ocupações agrícolas a



jusante do movimento, a floresta também minimiza o assoreamento dos fundos de vales e talvegues, através da fixação dos materiais deslocados.

A eficiência do efeito de retenção nem sempre é total, como, por exemplo, no caso de avalanches, quando são ultrapassados os limites críticos de declividade, por força da grande energia de movimento.

O desmatamento de uma encosta implica numa série de fatores que tendem a reduzir o coeficiente de segurança da mesma. De acordo com estudos desenvolvidos por Guidicine & Nieble (1984) tais fatores podem ser resumidos em:

- cessação instantânea do efeito estabilizador da floresta como um todo, principalmente sobre as variações térmicas e climáticas, com evidentes reflexos negativos no comportamento dos solos frente às novas taxas de trabalho;
- cessação instantânea de todos os efeitos das partes aéreas, sendo eles a interceptação, retenção e evapotranspiração; apresentando assim evidentes acréscimos na quantidade de água que atinge o terreno e na de infiltração;
- perda, a curto prazo, por calcinação e erosão, dos efeitos de camada superficial de detritos (retenção, indução no escoamento hipodérmico e retardamento do escoamento superficial), incrementando a erosão e facilitando a infiltração;
- elevação do lençol freático como consequência da eliminação da atividade de evapotranspiração da cobertura vegetal com possíveis reflexos no grau de saturação do solo e aumento do peso; e,
- perda, a médio prazo, dos efeitos mecânicos do sistema radicular por deteriorização dos tecidos vegetais, terminando por reduzir grandemente a coesão aparente induzida e, conseqüentemente, a própria resistência ao cisalhamento do maciço em questão.

A consideração dos aspectos vegetacionais na questão da dinâmica evolutiva do relevo possui forte relação com o estudo da fisiologia da paisagem, o que corresponde ao terceiro nível de abordagem do relevo na sistematização da pesquisa geomorfológica proposto por Ab' Sáber (1969).

A apropriação do relevo pelo homem, como recurso ou suporte, é responsável por alterações substanciais do seu estado natural, sendo efeitos clássicos desta intervenção:

- a implementação de cultivos que ocasionam desmatamento, modificando assim radicalmente as relações processuais na encosta;
- o desenvolvimento da morfogênese em detrimento da pedogênese;
- as atividades erosivas em relação ao comportamento biostático relativo ao estágio precedente;
- as perdas de recursos para adoção de medidas corretivas em detrimento de investimentos que poderiam ser destinados a benefícios sociais.

Por processo morfodinâmico entende-se que são as transformações evidenciadas no relevo, considerando a intensidade e frequência dos mecanismos morfogenéticos no momento atual ou subatual, em conjunção ou não às derivações antropogênicas. Enquanto a abordagem “morfoclimática” leva à compreensão das relações processuais numa escala de tempo geológico, a “morfodinâmica” reporta às relações processuais numa perspectiva histórica em que o homem se constitui no principal agente das alterações.

As derivações antropogênicas provocam alterações rápidas com respostas muitas vezes diversas em relação àquelas evidenciadas em condições naturais, como numa situação de biostasia. Salienta-se que processos “morfodinâmicos” não deixam de ser também “morfogenéticos”, visto que englobam transformações relacionadas ao processo de dissecação na elaboração do modelado, embora tratados como excepcionalidade em função da intervenção antropogênica (CASSETI, 1995).

Para se compreender melhor as relações morfodinâmicas atuantes sobre o modelado, diversos autores utilizam-se do conceito de “bio-resistância” proposto por Erhart (1956). Tal conceito consiste em estágios morfopedogênicos diferenciados, associados a condições climáticas distintas.

O conceito biorresistásico, fundamentado na relação morfogênese-pedogênese, apresenta estreita relação com o “balanço de denudação” proposto por Jahn (1968) *apud* Casseti (2006), onde os processos em uma vertente se reduzem a 2 componentes, sendo:

- o primeiro, denominado de perpendicular. Este é caracterizado pela infiltração, responsável pela intemperização que permite o desenvolvimento da pedogenização, proporcionando a formação de material para eventual transporte;
- e o segundo, denominado de paralelo (à vertente ou à superfície). Este refere-se ao processo denudacional (morfogênese) responsável pela retirada, transporte e acumulação do material pré-elaborado.

Na biostasia, a vertente encontra-se revestida de cobertura vegetal (propriedade geoecológica), em meio ácido, como nas regiões intertropicais, onde a infiltração promove alteração dos silicatos de alumina (feldspatos), originando a caulinita (argila), que, juntamente com o quartzo existente na maioria das rochas, integra a estrutura física dos solos. Os hidróxidos de ferro e alumina, solubilizados nesse ambiente, ficam retidos e são incorporados ao solo (fase residual), enquanto os elementos alcalinos ou alcalino-terrosos (potássio, sódio, cálcio e magnésio), bem como o silício, são transportados pela água escoada (fase migradora), originando os depósitos de rochas organógenas (CASSETI, 2006).

Assim, para Erhart (1956), na fase bioestásica predomina a componente morfogenética perpendicular. Tal esquema se encontra devidamente ilustrado na Figura 8.3-2 a seguir.

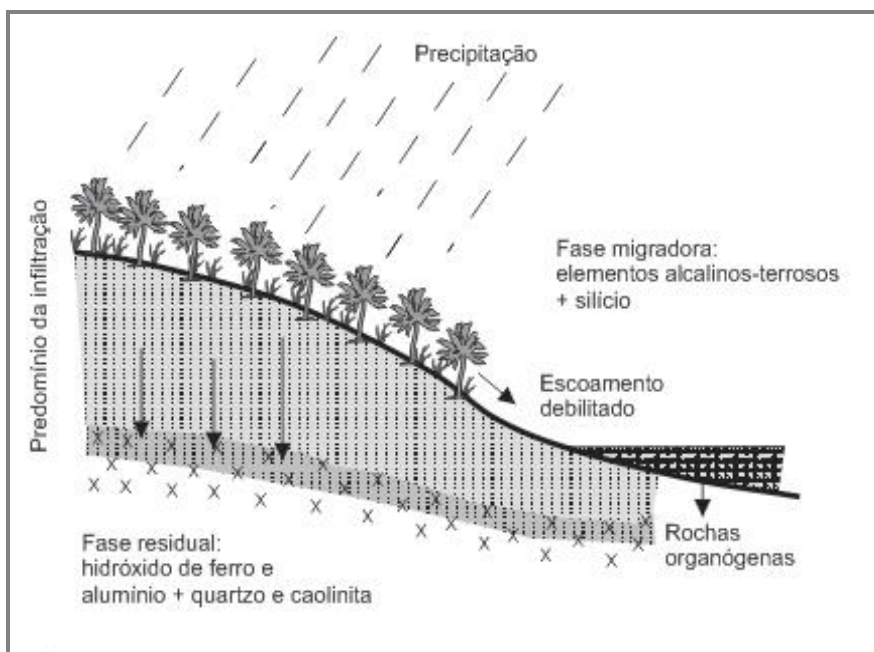


Figura 8.3-2: Predomínio da componente perpendicular sobre a o escoamento difuso - fase biostásica. Fonte: Casseti, (2006).

De acordo com Erhart (1956), na biostasia a atividade geomorfológica é considerada como fraca ou nula, existindo, portanto, um equilíbrio climático entre potencial ecológico e exploração biológica. O domínio da pedogênese sobre a morfogênese gera um balanço morfogenético negativo.

A resistasia na região condizente aos trópicos úmidos é identificada pela retirada dos elementos que na biostasia integravam a fase residual (elementos minerais + hidróxidos de ferro e alumina), o que determina a turbidez das águas de superfície (cursos d'água), que têm como principal indicador o ferro. Essa fase passa a ser individualizada a partir do momento em que a cobertura vegetal desaparece, o que pode resultar de alterações climáticas, na escala de tempo geológico, ou por derivações processadas pelo homem, na escala de tempo histórica. Desta forma, na resistasia, a morfogênese domina a dinâmica da paisagem, com repercussão no potencial geoecológico (desequilíbrio climático) (CASSETI, 2006).

Se mantido o quadro acima, obtém-se como resultado da interação de tais mecanismos um balanço morfogenético positivo, onde se observa a remoção do material intemperizado, reduzindo de modo lento e gradativo a camada de material pedogenizado, que comumente é depositada nos fundos de vale ocasionando

assoreamento dos rios e canais de drenagem. A Figura 8.3-3 ilustra esta condição resistásica da evolução do relevo.

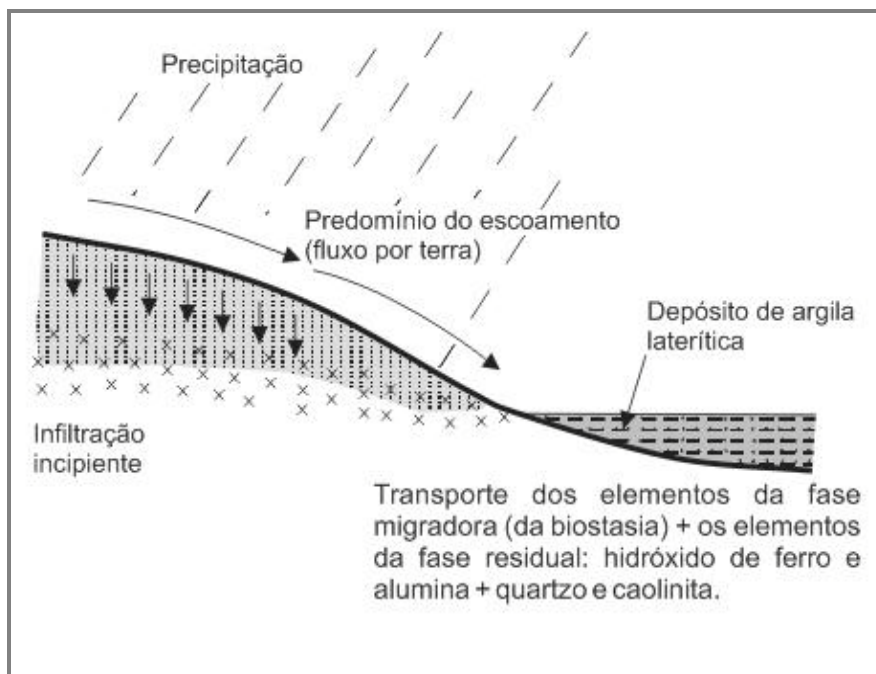


Figura 8.3-3: Predomínio do componente paralelo sobre a infiltração - fase resistásica. Fonte: Casseti, (2006).

Em tal condição de evolução morfológica, constata-se o registro da substituição dos depósitos organógenos da fase biostásica, por depósitos argilo-lateríticos.

Tricart (1957) substitui o conceito de “balanço denudacional” por “balanço morfogenético”, considerado de maior abrangência terminológica, visto que incorpora abrasão e acumulação. O autor refere-se à relação entre as componentes perpendicular e paralela: enquanto a perpendicular demonstra a ação da infiltração, o que pode ser favorecido pela cobertura vegetal, a paralela se caracteriza pelos efeitos erosivos, o que leva a admitir a retirada da cobertura vegetal, favorecendo a ação direta dos elementos do clima.

O referido autor propõe a substituição do termo biostasia por “fitoestasia” dando assim maior conotação à importância ou papel da vegetação na questão do equilíbrio morfodinâmico da paisagem.

Em sua obra sobre a Ecodinâmica dos meios, Tricart (1977) elenca 4 pontos ou funções principais proporcionadas pela presença da cobertura vegetal sobre as encostas, que, para este autor, é elemento chave na distinção dos meios frente a sua maior ou menor instabilidade. Tais pontos são de suma importância para a manutenção do equilíbrio dos diversos fluxos de matéria e energia nos meios, sendo eles:

- a fotossíntese;
- a absorção da radiação;
- a interceptação das precipitações; e,
- o efeito de rugosidade

Hoje, é amplamente sabido que tanto os processos de absorção da radiação solar como o de fotossíntese são fundamentais para o processo de produção de biomassa e crescimento da vegetação.

A transpiração das plantas exige energia. Ela se processa em detrimento da elaboração de tecidos, ou seja, provocando diminuição da produtividade das plantas. Um aspecto do consumo de energia originado pela transpiração é a ascensão da água desde o solo, onde as raízes a encontram, até as folhas das partes altas das plantas. Essa elevação tem que compensar a atuação da gravidade. A transpiração provoca, assim, fluxos de água anteriormente infiltrada no solo, depois extraída e enviada à atmosfera em forma de vapor. Tal movimento influi na pedogênese e se tabula, do ponto de vista da hidrologia, no déficit de escoamento (TRICART, 1977).

Com relação à importância da participação dos extratos vegetais no bloqueio da radiação solar incidente sobre a superfície terrestre, assim como, de seus reflexos na dinâmica pedogenética e, conseqüentemente, na morfogênese do relevo, Tricart (1977) expõem sinteticamente que:

“Em ecossistemas com biomassa vegetal abundante (...) ou em selva ombrófila tropical, a interceptação da radiação térmica solar chega até, aproximadamente, 25% da energia total da radiação ao nível da parte superior da cobertura vegetal. A absorção de 25%

(máximo) da energia do espectro pelas plantas deixa disponível uns 75% da mesma energia para alimentar outros fenômenos, entre os quais se encontra o aquecimento do solo e do subsolo. Este aquecimento representa certa quantidade de energia posta a disposição dos processos de pedogênese e de meteorização das rochas. Ademais, os 25% captados pelas plantas participam também, parcialmente, da pedogênese por intermédio dos fluxos de água gerados no solo pela transpiração das plantas” (p: 23-24).

Além da absorção e/ou bloqueio dos raios solares incidentes sobre as camadas superficiais do modelado, a vegetação exerce a função de interceptação da energia derivada das chuvas, sendo esta tarefa de extrema importância para manutenção do equilíbrio morfológico de certa paisagem.

As gotas de chuva chegam à superfície terrestre com a velocidade-limite da queda livre permitida pela resistência do ar. Esta velocidade, para as gotas de maior tamanho, só é adquirida depois de uns nove metros de queda. Por conseguintes, as gotas são carregadas de certa quantidade de energia cinética que, ao caírem, transmitem às partes aéreas das plantas. Às vezes, essa energia pode provocar danos nas folhas, quebrar pequenos ramos, mas isso consome pouca energia. Podemos considerar que o impacto das gotas sobre as plantas tem como efeito a dispersão de energia cinética, contanto, não produzindo trabalho na acepção mecânica (TRICART, 1977).

Outro fenômeno ocorre quando a chuva cai sobre a vegetação, onde a superfície das folhas oferece irregularidades chamadas de rugosidade. Esta trabalha no sentido de reter as primeiras gotas. Somente após as gotas seguintes ocorre o escoamento ao longo das folhas de pequeninos ramos, até certo ponto, onde a inversão da pendente provoca sua queda, em forma de goteiras (TRICART, 1977; COELHO NETO, 1994).

Depois da chuva, a quantidade de água que foi necessária para molhar as folhas não cai no chão devido a sua evaporação, ocorrendo assim sua re-integração diretamente na atmosfera. Registrada pelos pluviômetros, ela não aparece na vazão dos rios e faz parte do déficit de escoamento. Tal fenômeno condiz à interceptação considerada pela hidrologia. Do ponto de vista do fluxo de energia, este mecanismo

empenhado pela vegetação corresponde a uma dispersão de energia pelas partes aéreas dos vegetais.

De acordo com Tricart (1977) e Coelho Neto (1994), quando não há interceptação energética pela cobertura vegetal, as gotas sempre chegam aos solos com a velocidade-limite (controlada pela velocidade da gravidade que é de aproximadamente  $9,8 \text{ m/s}^2$ ), o que significa maior energia possível em função do tamanho das gotas, ou seja, em função da intensidade da precipitação.

Por outro lado, a altura da queda das goteiras intervém de modo decisivo na eficiência oferecida pela vegetação quanto à proteção das camadas superficiais do solo. Isto consiste num problema de fisionomia da cobertura vegetal.

Existem nas formações vegetais muitas árvores que tem mais de 9 m de altura, e muitas com porte tal que quase todos os galhos e folhas estão acima desta altura. Assim, quando a chuva cai sobre esse tipo de árvores grandes, forma goteiras que chegam à superfície do solo com a velocidade-limite de queda livre (TRICART, 1977; COELHO NETO, 1994).

No caso de formações vegetais com muitos estratos de alturas diferentes, frequentemente essas goteiras caem sobre os arbustos e daí sobre o estrato herbáceo, o que configura a situação anterior de dispersão de energia sem produzir trabalho. De fato as folhas de muitas ervas apresentam nervura central em forma de canaleta, que concentra o escoamento das gotas até a haste das plantas, de onde a água pode se infiltrar diretamente na terra.

Nota-se a grande diversidade do papel desempenhado pela cobertura vegetal quanto aos aspectos energético da interceptação. Para Tricart (1977) existem dois casos extremos de configuração dos estratos vegetacionais, sendo eles onde:

- A cobertura vegetal consiste somente de árvores grandes sem sub-bosque. Assim, não há dispersão de energia cinética das goteiras. Por vezes, a transmissão de energia ao solo pode ser superior à que se observaria ao ar



livre, como resultado da formação de goteiras por condensação direta sobre as árvores, compensado a interceptação hidrológica.

- A cobertura vegetal apresenta um estrato herbáceo contínuo. A dispersão da energia cinética é quase total, sendo importante à infiltração.

Todos esses fatos oferecem grande interesse ao planejamento. De acordo com Tricart (1977), a melhor proteção do solo é realizada com a cobertura contínua de gramíneas. Os engenheiros de estradas revestem os taludes com placas de capim para protegê-los contra a erosão. Ao contrário, certos reflorestamentos, como os de eucalipto e alguns *Pinus*, impedem o crescimento do estrato herbáceo e permitem uma intensa transmissão de energia à superfície do solo, provocando erosão pluvial e escoamento, ou seja, a dinâmica do ecossistema é totalmente alterada, porém, em sentido desfavorável à manutenção de seu equilíbrio dinâmico.

A vegetação tem uma função extremamente importante no controle da erosão pluvial. As perdas de solo devido à erosão pluvial podem ser diminuídas em até mil vezes, mantendo-se uma cobertura densa de gramíneas (USDA, *Soil Conservation Service*<sup>18</sup>, 1978 *apud* Araujo *et al.*, 2008).

Apresenta-se na Figura 8.3-4 a seguir, esquema empregado por Carson & Kirkby (1972) *apud* Casseti (2006) denominado por tais autores como “balanço hidrológico na superfície de evapotranspiração”. Neste, observa-se a representação das diferentes formas de escoamento da água em uma vertente.

---

<sup>18</sup> Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da America.

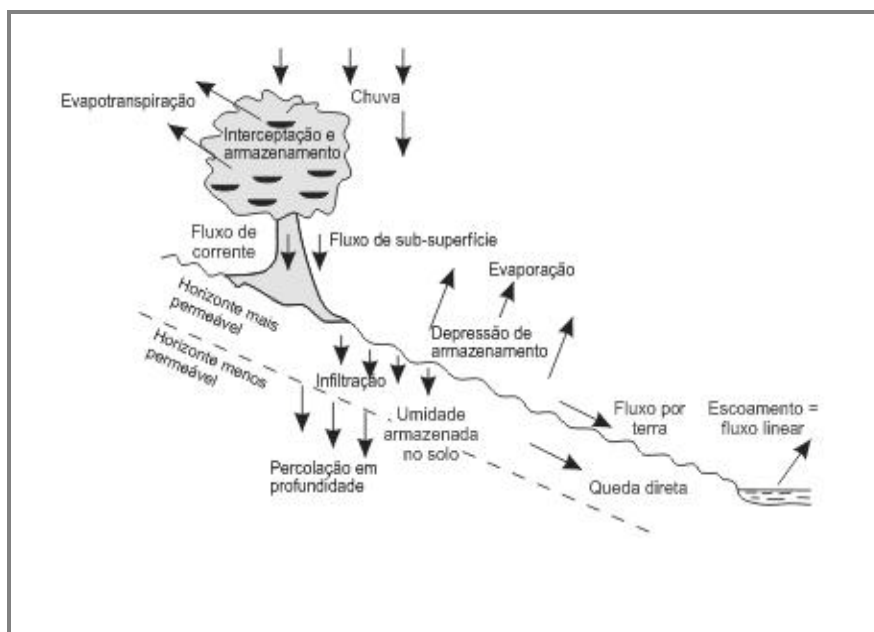


Figura 8.3-4: Componentes esquemáticos do balanço hidrológico na superfície de evapotranspiração (Carson & Kirkby, 1972). Fonte: Casseti (2006).

Constata-se, a partir da análise da referida Figura, que a água precipitada sobre uma vertente apresenta vários caminhos. Parte dela é evapotranspirada e outra é armazenada, ou ainda interceptada pelo dossel, momento em que se registra o fluxo pelo tronco. A partir deste momento ocorre o processo de infiltração na zona de maior permeabilidade do solo, podendo penetrar a maiores profundidades, com armazenamento da umidade no solo e fluxo de subsuperfície (*throughflow*). O excedente, ou o que não fora infiltrado no solo, permanece armazenado em depressões superficiais, onde parte da água acumulada é evaporada e outra escoada na superfície (*overland flow*), podendo ou não se juntar ao fluxo fluvial.

Nota-se a grande importância da interceptação na ciclagem da água de uma vertente, devendo assim, em comparação aos demais fatores, ser levada em consideração em vista da tomada de decisões sobre o manejo das áreas ocupadas por florestas, como é o caso da Unidade Topomorfológica Tabuazeiro.

A morfodinâmica pluvial mantém uma estreita relação com a disposição do substrato, representada pela clinometria (declive) e forma da vertente (feição mínima), e pela interface cobertura vegetal-pedogênese.

A queda e o escoamento da água precipitada exercem importante papel quanto aos detritos de vertente. Diferentes combinações entre força e resistência produzem um número significativo de processos que dão origem à erosão do solo, entre os quais se incluem o movimento de partículas desagregadas pelo impacto da gota de chuva (efeito *splash* ou *raindrop impact*) e o fluxo por terra ou escoamento superficial, caracterizado pela ação difusa, laminar, podendo passar a ação concentrada (COELHO NETO, 1994; CASSETI, 2006).

A Figura 8.3-5 abaixo ilustra o efeito negativo da remoção da cobertura vegetal nas camadas superficiais do solo.

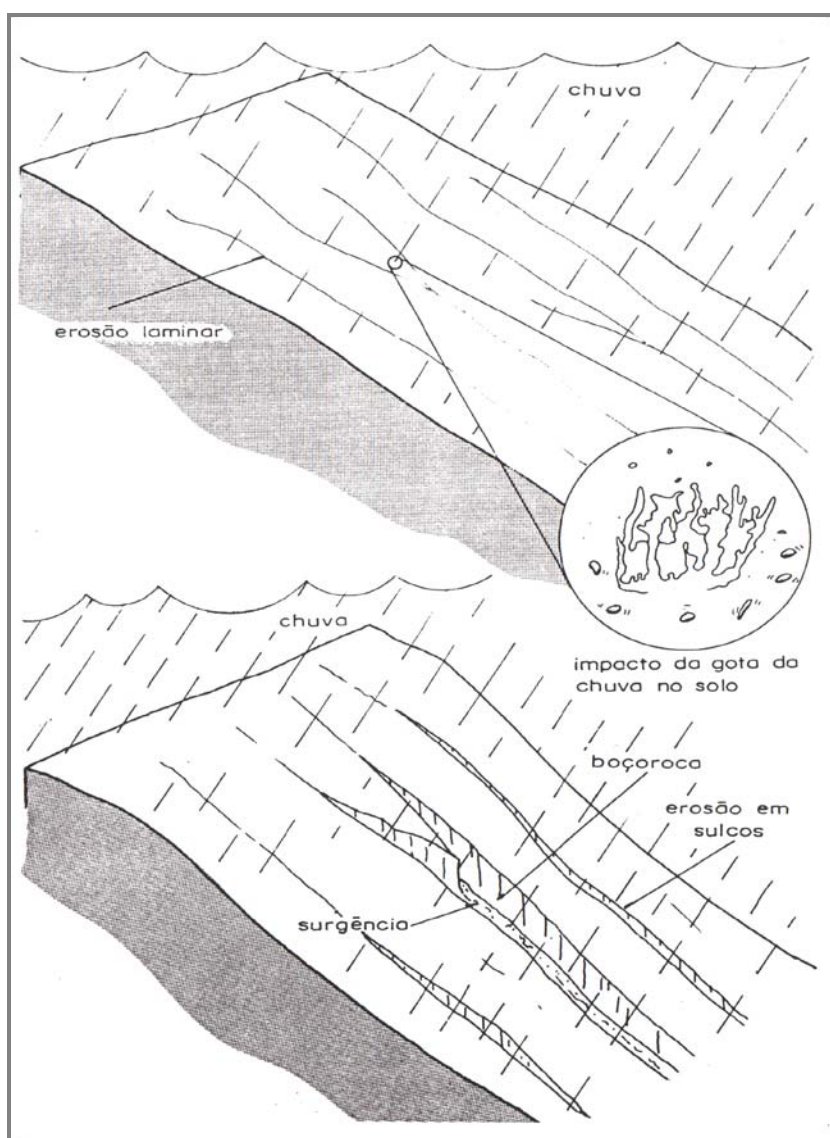


Figura 8.3-5: Processos de erosão laminar (acima) e em sulcos (abaixo) atuantes sobre as vertentes e seus respectivos produtos. Fonte: IPT (1991).

A ação do *splash*, também conhecido por erosão por salpicamento, consiste no estágio inicial do processo erosivo, visto que prepara as partículas que compõem o solo para serem transportadas pelo escoamento superficial. Trabalhos experimentais têm demonstrado o significado da ação morfogenética do pingo da chuva, responsável pela desagregação do material, sobretudo quando a superfície da vertente encontra-se desprotegida.

A Figura 8.3-6 abaixo demonstra a atuação do fenômeno do salpicamento (*splash*) sobre uma camada de solo desprotegida.



Figura 8.3-6: Impacto de uma gota de chuva (*splash*) Fonte: Araujo *et al.* (2008).

Carson & Kirkby (1972) *apud* Guerra (1999), citam o deslocamento de partículas desde curtas distâncias, da ordem de alguns milímetros, até maiores distâncias, podendo atingir o raio de 10 centímetros em relação ao ponto de impacto. Da mesma forma, o *splash* move diretamente detritos em torno de 10 mm de diâmetro e, indiretamente, pode deslocar fragmentos de maiores dimensões.

Guerra (1999) chama atenção ainda para a formação de crostas superficiais que provocam a selagem dos solos: “o papel do *splash* varia não só com a resistência do solo ao impacto das gotas de água, mas também com a própria energia cinética das gotas de chuva. Dependendo da energia impactada sobre o solo, vai ocorrer, com maior ou com menor facilidade, a ruptura dos agregados, formando as crostas que provocam a selagem dos solos”. A compactação resultante do impacto de gotas de chuva cria uma crosta superficial de 0,1 a 3,0 mm de espessura, que pode implicar redução da capacidade de infiltração superior a 50%, dependendo das características do solo.

O fluxo por terra ou processo de escoamento superficial acontece sempre que parte, ou até mesmo o total da água precipitada, deixa de infiltrar. As principais razões do escoamento superficial são:

- a baixa densidade ou ausência da cobertura vegetal;
- a clinometria (declividade), quando permite o desenvolvimento da componente paralela;
- o comportamento do material de superfície;
- a “capacidade de campo”<sup>19</sup>; e,
- a intensidade e duração das chuvas.

O acréscimo da cobertura vegetal sobre o solo resulta em maior proteção contra o impacto das gotas de chuva, possibilitando melhor estruturação deste, devido ao papel agregador da matéria orgânica a ele incorporada. Tais condições atenuam o escoamento superficial (*runoff*) em função do aumento da rugosidade do terreno e do quantitativo de água infiltrada que, conseqüentemente, diminui a incidência da erosão laminar e linear representadas pela ocorrência de sulcos e ravinas nas encostas.

A infiltração, por sua vez, pode ser potencializada por meio da melhor estruturação do solo, aumento da macroporosidade, da rugosidade do terreno e da diminuição do selamento superficial, condições estas que são alcançadas com o acréscimo da

---

<sup>19</sup> Terminologia utilizada para caracterizar uma condição alcançada por um solo que atingiu sua capacidade máxima de retenção de água, nos seus poros, após a umidade excedente ter sido drenada (GUERRA & GUERRA, 1997).

cobertura vegetal. Em condições de elevada infiltração, têm-se a diminuição do escoamento superficial, mitigando assim os processos de erosão hídrica, principais agentes da instabilidade morfológica das vertentes (GUERRA, 1999).

Conforme esclarece Evans (1980) *apud* Guerra (1999) e Coelho Neto (1994) em suas pesquisas sobre a relação entre a vegetação e as taxas de erosão nos trópicos úmidos, o efeito da vegetação sobre a erosão dos solos pode se dar de acordo com a porcentagem da cobertura vegetal. Um setor do modelado que apresente alta densidade de cobertura, as taxas de *runoff* e a erosão são comumente consideradas baixas, em especial se houver cobertura de serrapilheira<sup>20</sup> (*litter*) no solo, que intercepta as gotas de chuva que caem através dos galhos e folhas.

Em setores parcialmente cobertos pela vegetação, o *runoff* e a perda de solo podem sofrer acréscimos rapidamente. Esse aumento está relacionado a solos com menos de 70% de cobertura vegetal. Elwell e Stocking (1976) *apud* Guerra (1994) em seus estudos sobre as relações dos processos erosivos frente às características da cobertura vegetal expõem que, a partir do momento em que a cobertura vegetal se torna mais densa, cobrindo mais de 30% da superfície do solo, a erosão diminui de modo considerável.

Guerra (1994), em seu trabalho sobre a importância da vegetação para contenção dos processos pluvioerosivos sobre as camadas superficiais do solo, sintetiza a contribuição da cobertura vegetal para com a manutenção do equilíbrio do perfil pedogenético e, conseqüentemente, do modelado como um todo, quando expõem que:

“A cobertura vegetal, além de influenciar na interceptação das águas da chuva, atua também, de forma direta, na produção de matéria orgânica, que por sua vez, atua na agregação das partículas constituintes do solo. Além, disso as raízes podem ramificar-se no solo e, assim, ajudar na formação de agregados. Essas raízes atuam mecanicamente e, ao se decompor, fornecem húmus,

---

20 É a matéria orgânica decomposta, que ocorre no topo dos solos. Pode ser formada a partir de restos de folhas, sementes, frutos, galhos e restos de animais que vivem nas áreas florestais. Essa matéria orgânica decomposta, além de contribuir para maior fertilidade dos solos, também auxilia em diminuir o efeito do impacto das gotas de chuvas, que ocorre pelo atravessamento (GUERRA & GUERRA, 1997).



aumentando a estabilidade dos agregados do solo. A estabilidade dos agregados pode reduzir as taxas erosivas, uma vez que as partículas de solo são mantidas juntas e, conseqüentemente, com maior resistência ao cisalhamento” (p.160).

Caso ocorra remoção da vegetação, os agregados são quebrados mais facilmente, formando crostas na superfície, o que dificulta a infiltração da água aumentando o escoamento superficial e a perda de solo, ou seja, corroborando com uma maior instabilidade das vertentes/encostas constituintes do relevo. Ilustra-se na Figura abaixo a participação das tipologias de usos e ocupação do solo frente ao funcionamento dos fenômenos de evapotranspiração, infiltração e escoamento superficial (*runoff*).

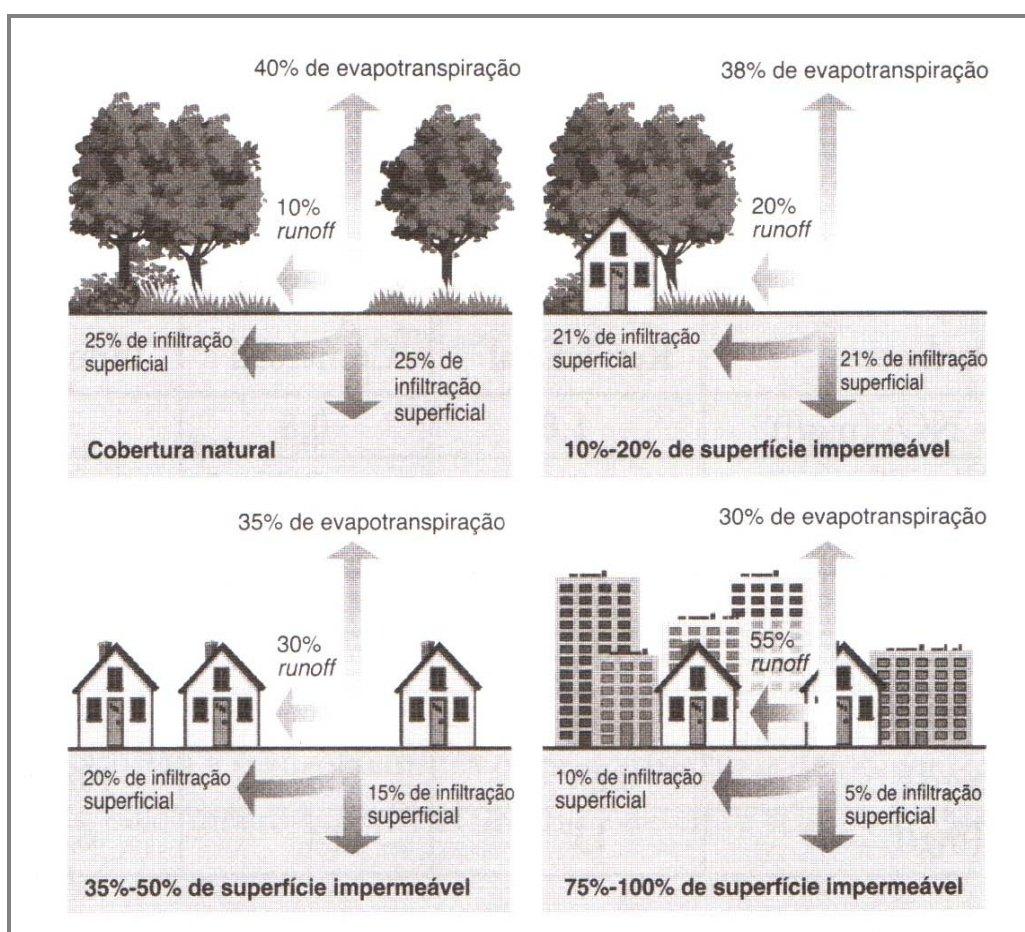


Figura 8.3-7: Cadeia de relações existentes entre a superfície impermeável, evapotranspiração, infiltração superficial e o *runoff*. Fonte: Araujo *et al.* (2008).

As tipologias de uso do solo exercem forte influência sobre a dinâmica de infiltração superficial das águas pluviais, interferindo, conseqüentemente, de modo significativo nos mecanismos de evapotranspiração e escoamento superficial.

De acordo com esquema apresentado na Figura 8.3-7, quanto maior é a presença de cobertura natural mais intensa será a evapotranspiração e infiltração das águas em superficiais, o que corrobora para com a redução acentuada do *runoff* sobre as vertentes. Em contraposição extrema, quando maior for a redução da cobertura natural, dando lugar a verticalização e/ou impermeabilização dos solos, menor será a atuação da evapotranspiração e da infiltração da água pluvial, potencializado, assim, o escoamento superficial sobre a superfície do modelado.

No que se referem especificamente as edificações e vias de circulação, estas podem se constituir em vetores para o desenvolvimento de novas formas de intervenções antrópicas ou, até mesmo, na intensificação das atuais, podendo, todavia, colaborar com o processo de degradação do meio, que em um determinado momento histórico fora considerado estável do ponto de vista ambiental.

Os escorregamentos em área de encostas ocupadas costumam ocorrer em áreas de taludes artificiais (corte), aterro e taludes naturais, abarcando massas de solo de distintas dimensões e de tipologias variadas e, dependendo do local, estas podem incluir também material rochoso. Contudo, a ocorrência de escorregamentos se encontra relacionado fundamentalmente à ação da água e da gravidade. De acordo com as pesquisas desenvolvidas pelo IPT<sup>21</sup> (1991), em relação à ocupação de encostas, as principais causas antrópicas dos escorregamentos ocorrem em função de:

- lançamento e concentração de águas pluviais;
- lançamento de águas servidas;
- vazamento na rede de abastecimento de água;
- construção de fossa sanitária;
- declividade e altura excessivas do corte;

---

<sup>21</sup> Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo.



- execução inadequadas de aterros;
- deposição de lixo; e,
- remoção indiscriminada da cobertura vegetal.

Na Figura 8.3-8, é demonstrado esquematicamente a ocorrência de movimentos coletivos de massa associados à incidência da chuva sobre uma encosta ocupada e re-afeiçoada de modo inadequado.

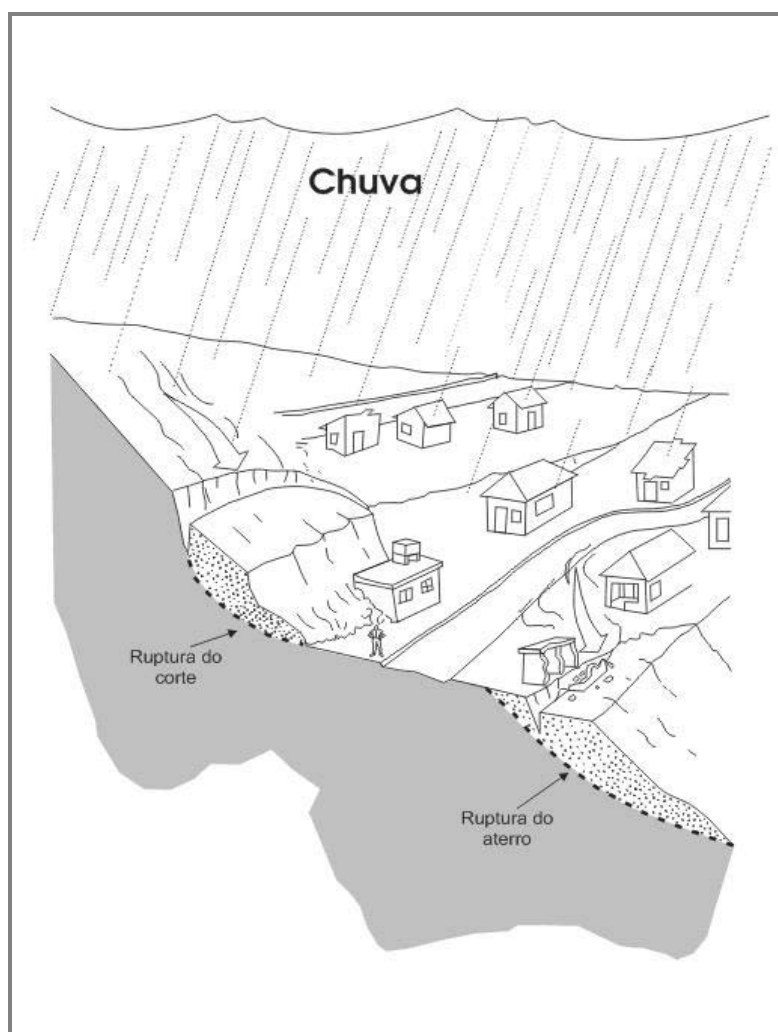


Figura 8.3-8: Incidência de movimentos de massa decorrentes das chuvas e das intervenções e ocupações urbanas inadequadas nas encostas. Fonte: IPT (1991).

Tais interferências impostas à encosta não respeitam os limites de resistência dos materiais que sustentam a mesma, ocorrendo, desta forma, a desagregação/movimentação sustentadora do modelado.

Destacam-se a realização de cortes e aterros de modo inadequado às condições geomorfológicas do sítio. Os escorregamentos que decorrem preponderantemente das causas destacadas acima, são conhecidos como escorregamentos induzidos.

O lançamento e a concentração de águas pluviais sobre as encostas condizem a deficiências de capacidade e funcionamento, ou até mesmo, da inexistência de um sistema de drenagem superficial. Como conseqüência, as águas pluviais infiltram-se no solo, por meio de áreas de fraquezas, como trincas e frissuras, diminuindo sua resistência ao cisalhamento e provocando a ruptura de cortes e aterros. O problema torna-se ainda mais grave por ocasião de chuvas intensas e prolongadas (IPT, 1991).

De modo geral, o lançamento de águas servidas nas encostas decorre da inexistência de sistemas de esgoto adequados. Essa situação possibilita uma infiltração continua de água no solo, podendo ocasionar a sua saturação e conseqüente ruptura de seus materiais constituintes. A Figura 8.3-9 a seguir ilustra tal perspectiva de instabilidade das encostas.

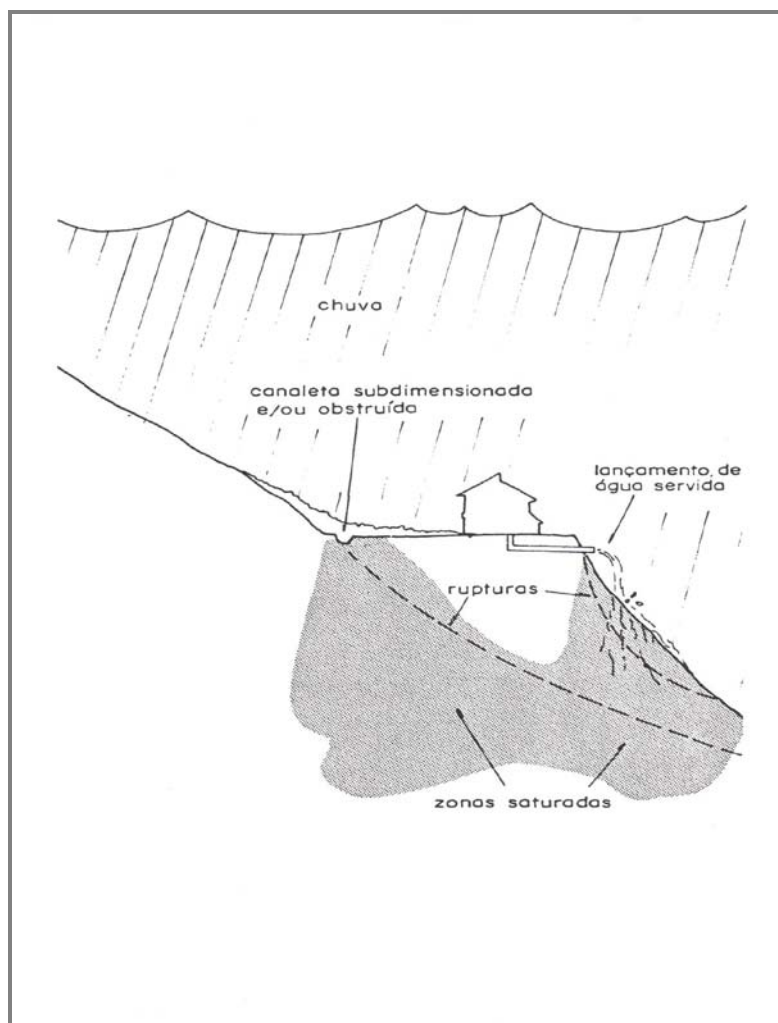


Figura 8.3-9: Processo de instabilização das encostas em períodos chuvoso através da saturação dos solos devido ao acúmulo de águas pluviais e do lançamento de água servidas. Fonte: IPT (1991).

Tal problemática se torna ainda mais crítica nos períodos concernentes a chuvas de intensa magnitude e frequência, como as que ocorrem na área de estudo nos meses de verão, quando a saturação do solo aumenta naturalmente.

Os vazamentos e rompimentos de tubulações da rede de abastecimento de água corroboram para com a saturação do solo e a diminuição da sua resistência ao cisalhamento, favorecendo, contanto, a instabilização de áreas ou zonas de fraqueza pré-existentes, como trincas, cortes, aterros etc. (Figura 8.3-10). Tal cenário torna-se ainda mais grave quando a rede de distribuição de água é improvisada pelos próprios moradores, na qual se utilizam dutos inadequados.

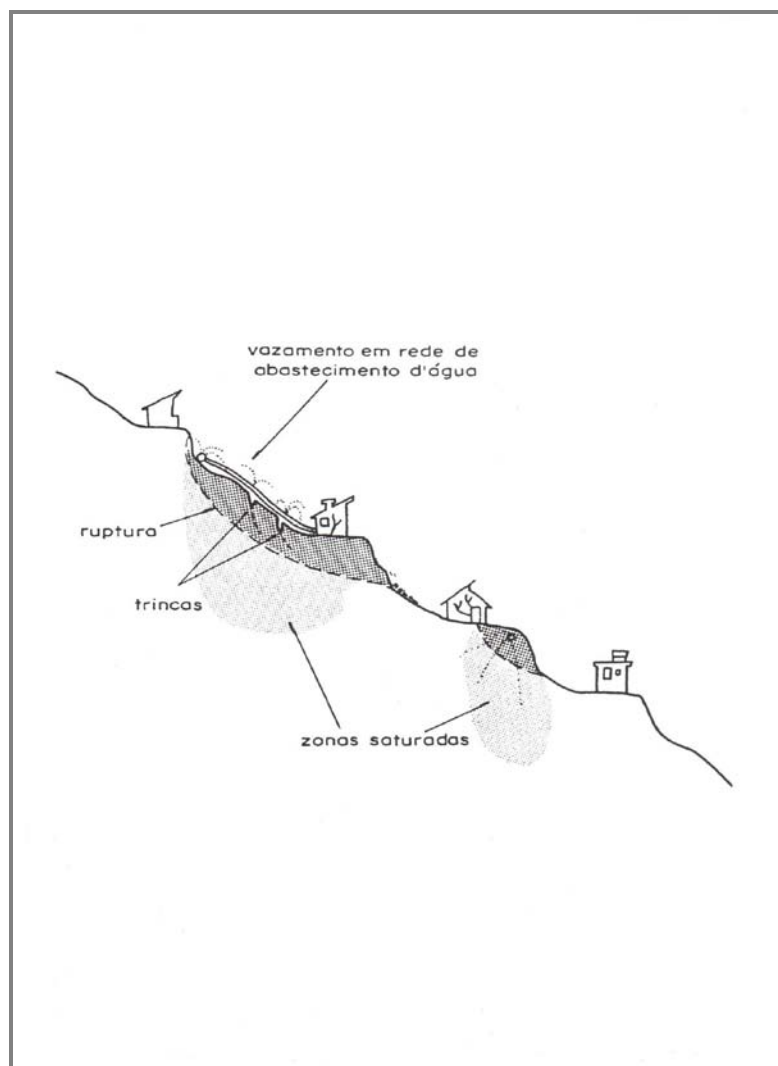


Figura 8.3-10: Esquema ilustrativo da intensificação da instabilidade das encostas em função da inadequação da rede abastecimento e água. Fonte: IPT (1991).

Na situação acima explanada, faz-se bastante comum a recorrência de vazamentos e rompimentos em pontos diferentes do terreno, configurando, assim, uma nova situação em relação aos fluxos de água em superfície e subsuperfície, alternando de modo significativo o grau de coesão dos materiais sustentadores das morfologias condizentes a encosta.

A infiltração de água no solo derivadas de instalação de fossas sépticas pode desencadear a ocorrência de escorregamentos em taludes, devido à saturação excessiva dos solos conformadores das encostas. Assim, a quantidade de água infiltrada varia em função do número de fossas e das taxas de permeabilidade inerentes ao solo. À medida que o número de fossas e a clinometria da encosta aumenta, a situação de instabilidade torna-se mais acentuada (IPT, 1991).

Em associação a presença de fossas sépticas nas encostas, a realização de cortes para a abertura de vias de circulação ou para fixação de residências se conforma, em muito dos casos, com clinometria a altura exageradas, não respeitando assim o perfil de equilíbrio natural da forma. Ou seja, tais intervenções são incompatíveis com a capacidade de resistência intrínseca dos materiais constituintes dos solos, condicionando, portanto, a ocorrência de escorregamentos. Na Figura 8.3-11 a seguir destaca-se de modo ilustrativo a configuração teórica de tal situação.

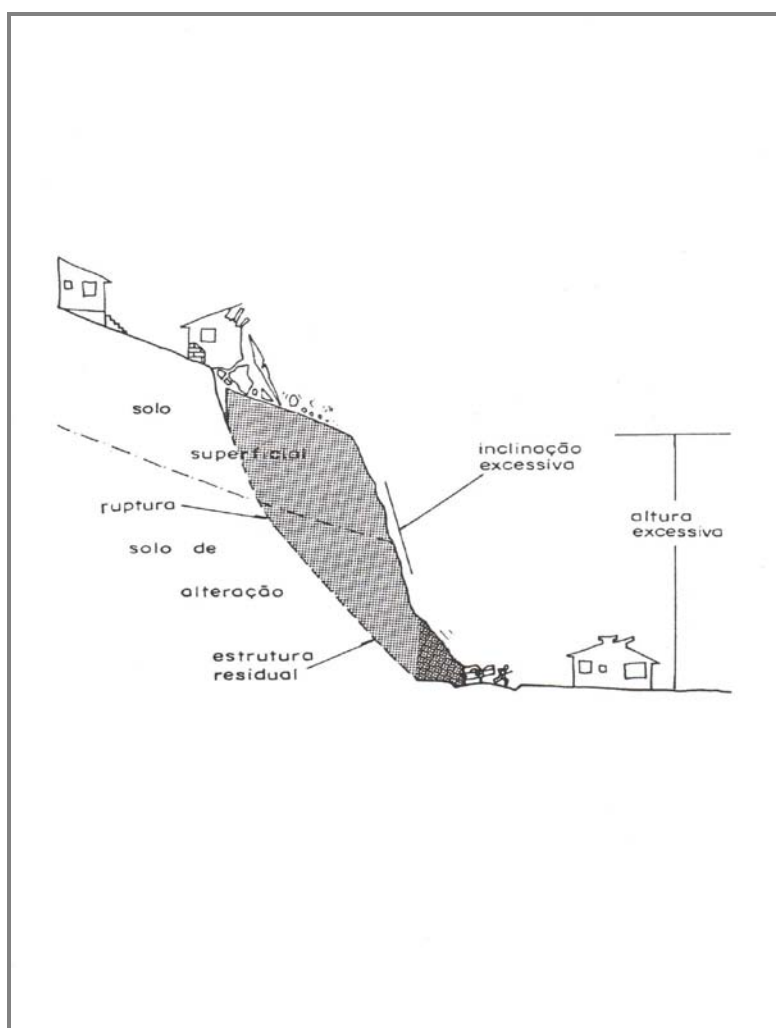


Figura 8.3-11: Perspectiva ilustrativa da realização de cortes abruptos e com alturas excessivas potencializando a instabilidade natural das encostas. Fonte: IPT (1991).

Quando a intervenção (corte) alcança o solo de alteração, outros condicionantes estruturais da rocha, como as fraturas e demais descontinuidades, podem tornar a encosta mais suscetível a escorregamentos, principalmente quando esta é submetida à ação das águas pluviais intensas. Porém, a resistência do terreno

aumenta quando as inclinações desta estruturas estão voltadas para dentro do talude (IPT, 1991).

Os escorregamentos recorrentes em áreas de aterros estão, na maioria das vezes, relacionados à falhas em sua construção, por meio do qual o material é simplesmente depositado sobre a superfície do terreno ou sobre a vegetação existente, sem a devida compactação. Deste modo, surgem condições potencializadoras ou favoráveis ao aparecimento de caminhos preferenciais de percolação da água que, em função das chuvas, provocam deformações pronunciadas nos solos, consubstanciadas pela ocorrência de rupturas no terreno.

Os problemas condizentes aos aterros mal executados se tornam ainda mais críticos quando ocorre a concentração de águas pluviais e servidas nos setores mais baixos do terreno, isto é, em sua porção basal, visto que corrobora de modo significativo para a instabilização dos materiais e estruturas sustentadores da encosta.

O lançamento de lixo nas encostas também consiste num fator de forte potencialização da instabilidade das mesmas. O lixo é um material muito fofo e de alta porosidade, o que possibilita a sua rápida saturação e excessivo aumento de peso, condicionando facialmente seu escorregamento (IPT, 1991).

O escorregamento do lixo pode ocorrer de modo homogêneo sobre as vertentes ou em associação às camadas superficiais do solo bastante alteradas. A situação torna-se ainda mais grave quando o lixo é lançado juntamente com águas servidas, em linhas de drenagem preferências ou naturais do terreno.

A deposição de lixo nas encostas comumente se encontra fortemente relacionada à remoção indiscriminada da cobertura vegetal. As áreas do modelado impactadas por tais intervenções apresentam maior sujeição à ocorrência de fenômenos de movimentos de massa coletivos e de forte erosão, do que aquelas em que a vegetação foi preservada ou pouco danificada. Isto se deve em virtude da maior proteção auferida as camadas superficiais dos solos pela cobertura vegetal, que realiza a atenuação do impacto das gotas de chuva melhorando a infiltração de suas águas para camadas de solo subjacentes, além de proporcionar uma maior

resistência à erosão e ao cisalhamento por meio da presença do sistema radicular (raízes).

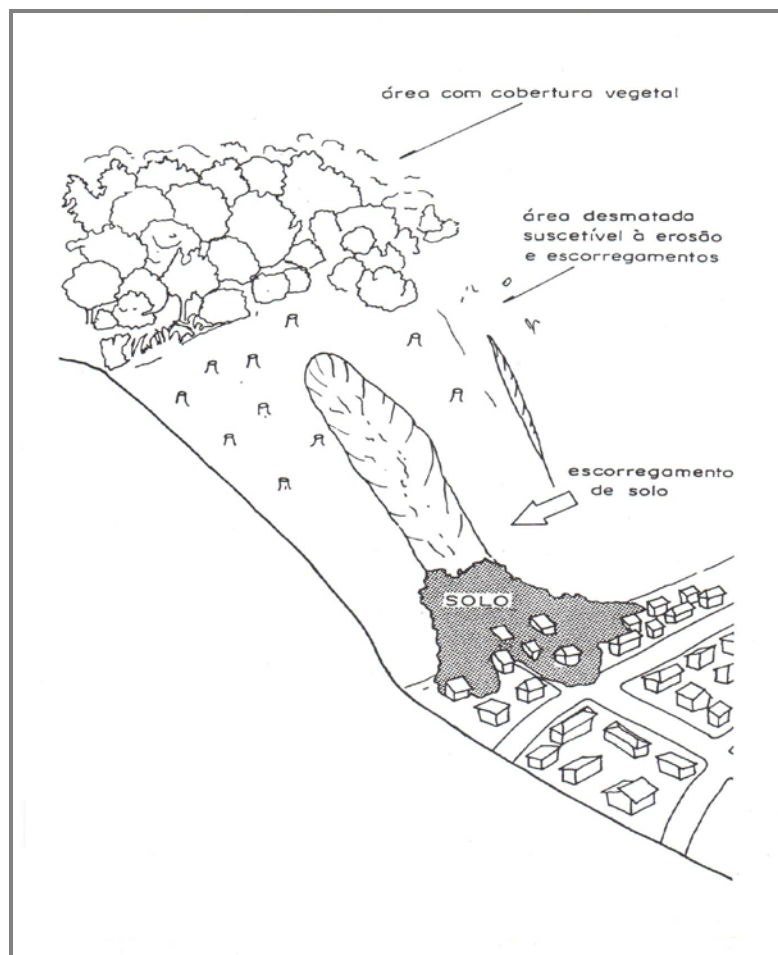


Figura 8.3-12: Ocorrência de escorregamento de solo em função da remoção da cobertura vegetal em encosta de forte clinometria. Fonte: IPT, (1991).

Na Figura 8.3-12 anteriormente apresentada, se destaca de modo empírico a consubstanciação na paisagem de alguns resultados ambientalmente desagradáveis devido à remoção indiscriminada da cobertura vegetal em setores do modelado de forte inclinação. Nota-se a ocorrência de escorregamento associado ao setor desmatado da encosta, bem como soterramento de algumas residências localizadas no sopé da mesma.

Entretanto, a existência generalizada de certos tipos de vegetação sobre as encostas, como, por exemplo, a plantação de bananeiras, se torna prejudicial à

estabilidade dos taludes, pois permite um excesso de infiltração de água no solo, facilitando assim a saturação do mesmo (IPT, 1991).

Contanto, os setores ocupados por vias de circulação e edificações possuem forte relevância no que toca o estudo qualitativo da potencial instabilidade do relevo para um determinado sítio, fato que em primeira instância, a implantação e ampliação destas tipologias de uso interferem de forma direta na dinâmica dos fluxos de matéria e energia condizentes ao meio.

Levando-se em conta todas as considerações teórico-empíricas acima discutidas foram tecidas algumas considerações sobre a relevância dos modos de uso e ocupação do solo em relação à instabilidade potencial do relevo.

Assim, é relevante destacar que os fragmentos de cobertura vegetal possuem papel fundamental na manutenção da estabilidade das encostas, principalmente os que se encontram em estágio secundário e avançado de regeneração. Estes denotam certa proteção às camadas de materiais superficiais da energia das chuvas e do escoamento superficial.

Menor expressão representa os fragmentos vegetacionais em estágio inicial de regeneração, macegas e pastagens. Entretanto, tais tipologias exercem papel relevante na manutenção da estabilidade das encostas, principalmente nas que apresentam fortes valores clinométricos. Podemos, portanto, afirmar dentro de uma perspectiva integrada de análise, que tais “extratos da paisagem natural” (vegetação e materiais superficiais) evoluem de forma conjunta, sendo ao mesmo tempo fatores condicionantes e condicionados dentro do sistema vertente.

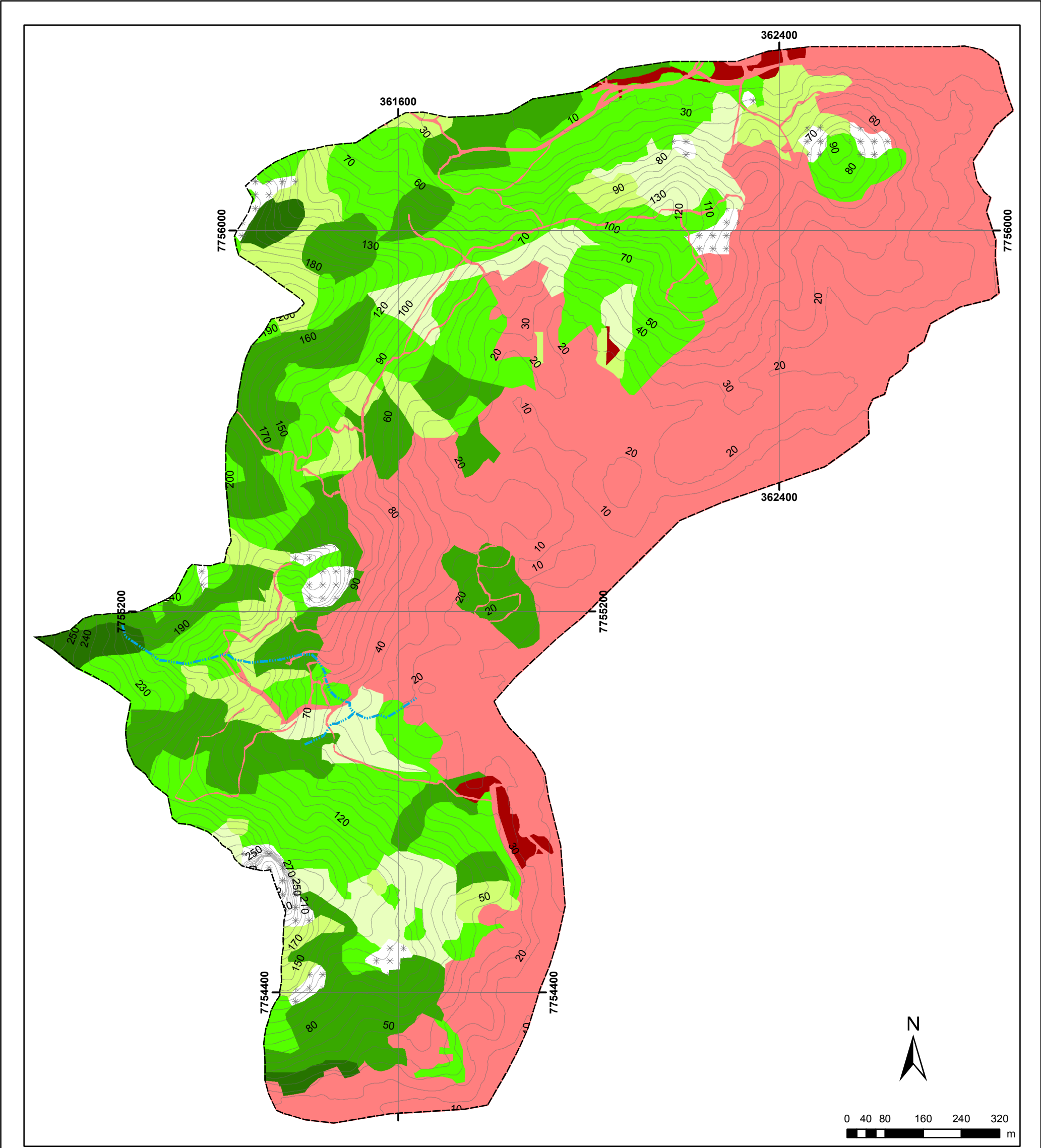
A presença de setores do modelado onde ocorre a exposição da camada superficial do solo em associação a fortes valores clinométricos, constitui um grande problema do ponto de vista da estabilidade das formas, visto que nesta condição o poder de ação dos agentes pluvioerosivos sobre tais setores do relevo é máximo, imperando, assim, a forte erosão laminar e linear destas camadas.




Os demais itens constituintes da carta de uso e ocupação do solo (rocha exposta e edificações e vias de circulação) também possuem forte relevância frente às características e a distribuição dos fluxos hídricos superficiais e subsuperficiais, interferindo, contanto, na dinâmica geomorfológica do relevo.

Esses itens se apresentam classificados na presente proposta de modelagem como fatores de moderada a forte contribuição para com a estabilidade potencial do relevo, tendo como destaque às áreas do modelado ocupadas por vias de circulação e edificações; é nesta tipologia de uso que se expressam de modo mais claro e significativo às diversas inferências antrópicas no meio em questão.

Na Figura 8.3-13 a seguir apresenta-se a carta de uso e ocupação do solo para a área de estudo.



| LEGENDA   |  | DADOS TÉCNICOS   |  | Figura : 8.3-13: Carta de Uso e Ocupação do Solo<br>Unidade Topomorfológica Tabuazeiro<br>Vitória-ES |  |
|---|--|--|--|--|--|
| Tipos de Uso e Ocupação do Solo   |  | Projeção UTM<br>Meridiano Central: -39° W de Greenwich<br>DATUM: SAD 69 - Zona 24S   |  |  |  |
| <div><div></div> EAR - Vegetação em Estágio Avançado de Regeneração</div> <div><div></div> EMR - Vegetação em Estágio Médio de Regeneração</div> <div><div></div> EIR - Vegetação em Estágio Inicial de Regeneração</div> <div><div></div> Macega</div> <div><div></div> Pasto</div> <div><div>* * *</div> Rocha Exposta</div> <div><div></div> Solo Exposto</div> <div><div></div> Edificações e Vias de Circulação</div> <div><div></div> Canal Fluvial Efêmero</div> |  | LOCALIZAÇÃO  |  | ORGANIZADOR:<br>FERNADO MIEIS CAUS   |  |
|   |  |  |  | INSTITUIÇÃO:<br>UFES<br>CCHN-PPGG  |  |
|   |  |  |  | DATA:<br>Dez/2009  |  |
|   |  |  |  | ESCALA:<br>1:8.000   |  |
|   |  |  |  | FONTES:<br><br>IBGE<br>Prefeitura Municipal de Vitória/SUBTI   |  |

Em continuidade as reflexões teórico-empíricas até aqui realizadas, apresentam-se, a seguir, algumas considerações sobre o estudo da fisiologia da paisagem, tomando como referência central o conceito de vertente em geomorfologia, abordado, na presente proposta, através do modelo de Feições Mínimas ou Elementares do relevo.

## 8.4 MORFOLOGIA DE VERTENTES

Com relação à análise integrada dos três níveis de abordagem do relevo estabelecidos por Ab' Sáber (1969), soma-se ao bojo da referida proposta metodológica - e em especial no que condiz aos aspectos morfológicos da paisagem - a elaboração e aplicação do estudo das formas das vertentes, nomeado no presente estudo de modelo de Feições Mínimas ou Elementares do relevo.

O conceito de vertente foi consagrado por Dylik (1968), sendo genericamente entendida como “toda superfície terrestre inclinada, muito extensa ou distintamente limitada, subordinada às leis gerais da gravidade”.

A vertente condiz a mais básica de todas as formas de relevo, virtude pela qual assume fundamental importância para os geógrafos físicos. Tal relevância pode ser justificada sob dois modos de abordagem do tema:

- um, por possibilitar a compreensão do processo evolutivo do relevo em diferentes situações, o que possibilita a reconstituição do modelado como um todo, fortemente ligado ao conceito de geomorfologia “integral” de Hamelim (1964);
- e outro, por sintetizar as diferentes formas do relevo estudadas pela geomorfologia, encontrando-se diretamente modificada pelo homem e suas atividades, sendo assim atrelada ao conceito de geomorfologia “funcional” definido pelo referido autor.

Sabe-se que uma vertente possui subsídios relevantes para o entendimento dos mecanismos morfogenéticos responsáveis pela elaboração do relevo na escala de tempo geológico (propriedades geoecológicas). Esta possibilita compreender as mudanças processuais recentes (processos morfodinâmicos), na escala de tempo histórico (do homem), por meio da sua individualização como palco de transformações sociorreprodutoras, isto é, sendo por elas (atividades antrópicas) condicionadas e, em certo grau, condicionadora destas atividades.

O conceito de vertente é fundamentalmente dinâmico, visto que possibilita delimitar um espaço de relações processuais de natureza geomorfológica, associando as mais distintas tipologias de variáveis.

Cruz (1982) *apud* Casseti (2006) observa que o estudo geomorfológico da evolução atual das vertentes é extremamente importante quanto ao entendimento espaço-temporal dos mecanismos morfodinâmicos atuais e passados. Os estudos morfodinâmicos mais atuais levam ao cerne do estudo geomorfológico por excelência, ajudando o entendimento das paisagens geográficas. Ressalta ainda que são eles que demonstram os mecanismos dessa evolução e levam ao melhor entendimento dos estudos morfogenéticos de épocas passadas.

O estudo da vertente e suas formas, enquanto categoria do relevo, ganha relevância acadêmico-institucional após a década de 50 do século passado, com as pesquisas desenvolvidas por Tricart (1957). O referido autor afirma ser a vertente o elemento dominante do relevo na maior parte das regiões, comportando-se, assim, como o aspecto do modelado mais importante para a humanidade.

Tanto as atividades agrícolas quanto os demais modos de uso e ocupação do solo, estão interessados na evolução das vertentes visto que comandam diversos fenômenos na natureza através da ação geomorfológica.

Dylik (1968) observa que as vertentes ocupam um dos mais importantes lugares da geomorfologia atual. Ele considera a vertente como um dos problemas-chave da

moderna geomorfologia, compreendendo todos os aspectos da Geografia Física e incluindo certo número de questões relativas à Geografia Humana.

Ao tratar dos elementos da definição de uma vertente, o referido autor observa que são os processos morfogenéticos que determinam a natureza da vertente, e que estes diferem dos demais. A vertente, no sentido morfogenético, corresponde à parte das formas do terreno que são modeladas pelos processos de denudação *stricto sensu*, ou seja, pelos movimentos de massa e pelo escoamento, tanto no presente como no passado (DYLIK, 1968). Como exemplo, nas regiões intertropicais, os processos morfogenéticos evidenciados em uma vertente *stricto sensu* encontram-se caracterizados principalmente pelas diferentes formas de fluxo de superfície e subsuperfície, bem como pelos movimentos de massa, diferindo, portanto, dos processos fluviais que integram o conceito de vertente *lato sensu*.

As relações processuais em uma vertente ou encosta são condicionadas por fatores como, clinometria (declividade), litologia e condições climáticas. Os movimentos de massa severos, por exemplo, tem possibilidade de ocorrer em vertentes com clinometrias moderadas, desde que a presença de água e de argila seja suficiente para reduzir o atrito do material intemperizado em relação à estrutura subjacente.

A idéia de freqüência processual possibilita dar destaque ao jogo de fatores que controlam os processos de afeiçoamento das vertentes, isto é, a intensidade de dissecação, estrutura e o clima (TRICART, 1957).

A intensidade de dissecação normalmente encontra-se relacionada à evolução dos talvegues, que se constituem em nível de base do afeiçoamento das vertentes, o que pode estar relacionado tanto à mudanças climáticas, como às oscilações glácioeustáticas pleistocênicas, como os efeitos de natureza tectônica. Contanto, um ajustamento tectônico como o epirogenético positivo<sup>22</sup>, provoca re-ajustamento do talvegue, com aumento da clinometria das vertentes, induzindo o aumento da intensidade dos processos erosivos sobre as mesmas.

---

22 Epirogênese positiva consiste no movimento de subida de grandes áreas da crosta terrestre, de modo lento. Os movimentos epirogênicos possuem características especiais, como a de não afetar as estruturas antigas, podendo, porém, apresentar falhamentos marginais por causa do esforço diastrófico (GUERRA & GUERRA, 1997).

Os fatores morfoclimáticos interferem no sistema vertente por meio das tipologias de intemperismo e pedogênese relacionadas à natureza dos processos de afeiçoamento das vertentes. Já as litologias influem de modo diverso como na morfologia do perfil da vertente, na sua clinometria média, na velocidade do recuo, dentre outras características.

Clark & Small (1982) *apud* Caseti (2006), apresentam um esquema do “sistema vertente” procurando mostrar as relações processuais em uma vertente, considerando sua forma. Este esquema é ilustrado na Figura exposta a seguir.

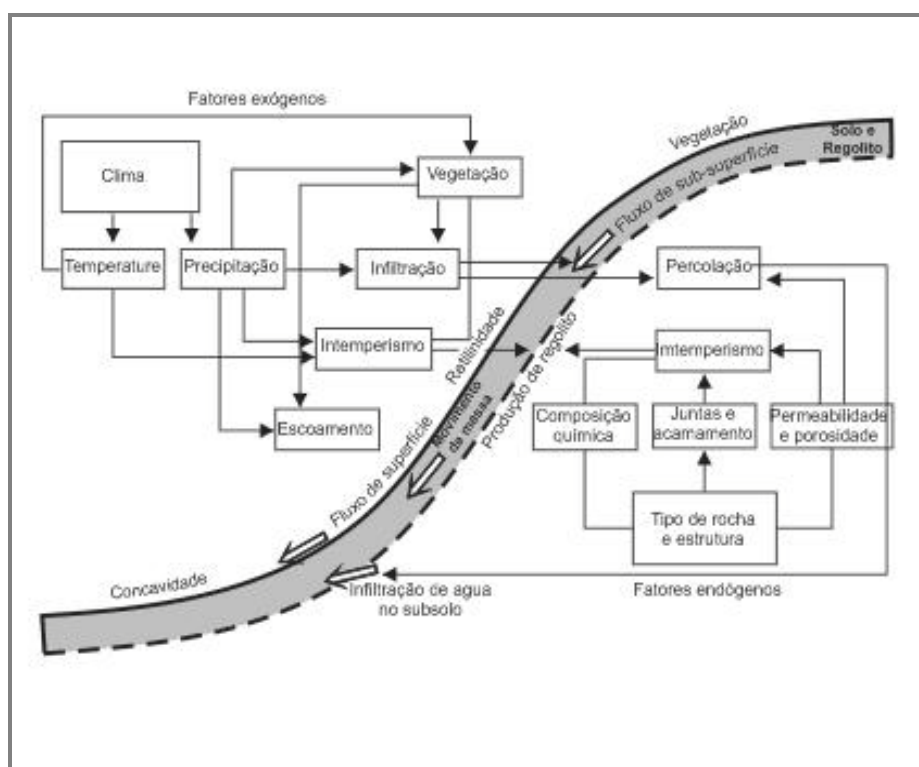


Figura 8.4-1: O sistema em uma vertente convexo-retilínea-côncava (Clark & Smal, 1982). Fonte: Caseti (2006).

Os processos em uma vertente se individualizam pelos fatores exógenos e endógenos. Os fatores exógenos são controlados pela atuação climática (em específico no que condiz aos agentes intempéricos) e os endógenos por meio da herança imputada pela estrutura geológica e tectônica do terreno.

Como agentes de intemperização destacam-se a temperatura e a precipitação, que em função do comportamento da interface (uso do solo) proporciona maior escoamento (fluxo de subsuperfície, movimento de massa e fluxo por terra) ou

infiltração, com conseqüentes efeitos no comportamento da vertente. A ação processual também depende dos fatores endógenos, que reagem em função da composição química, do grau de permeabilidade e conseqüente intemperização, com produção do regolito.

Tricart (1957) expõem que o balanço morfogenético de uma vertente é comandado principalmente pelo valor clinométrico, pela natureza da litologia que a sustenta e pelo clima.

No que condiz a clinometria, quanto maior o seu valor para uma dada vertente, maior é a intensificação da componente paralela, atenuando a ação da componente perpendicular. Assim, com o escoamento mais intenso, tem-se o aumento do transporte de detritos, adelgaçando o solo e/ou o material intemperizado.

Do mesmo modo que a tectônica ou a resistência da rocha podem induzir um aumento da clinometria, a forte interdependência frente à intensidade dos processos pode provocar uma condição de “equilíbrio dinâmico”. Tal quadro se confirmará caso a relação energia (processos incidentes) e matéria (substrato da vertente) esteja balanceada, independentemente das condições topográficas.

Com relação às rochas coerentes (como os granitos e granodioritos presentes na área de estudo), estas exigem primeiramente uma intervenção da componente perpendicular antes da ação da componente paralela, ou seja, antes que os detritos sejam carregados, é necessário que sejam formados.

Portanto, a natureza da rocha, além de responder pelo comportamento da formação superficial, intervém no perfil da vertente, na sua clinometria média e na velocidade de seu recuo ou evolução.

Dentre os fatores ambientais acima elencados (clinometria, condições lito-estruturais e pedogenéticas), toma destaque na presente proposta metodológica de estudo da Unidade Topomorfológica Tabuazeiro, os procedimentos de apreensão, avaliação e integração das conformações geométricas inerentes às vertentes ou encostas.

Bloom (1970), utilizando-se dos modelos geométricos de vertente de Troeh (1965) *apud* Casseti (2006), divide os quatro principais tipos de encostas em dois grupos conforme demonstrado na Figura abaixo.

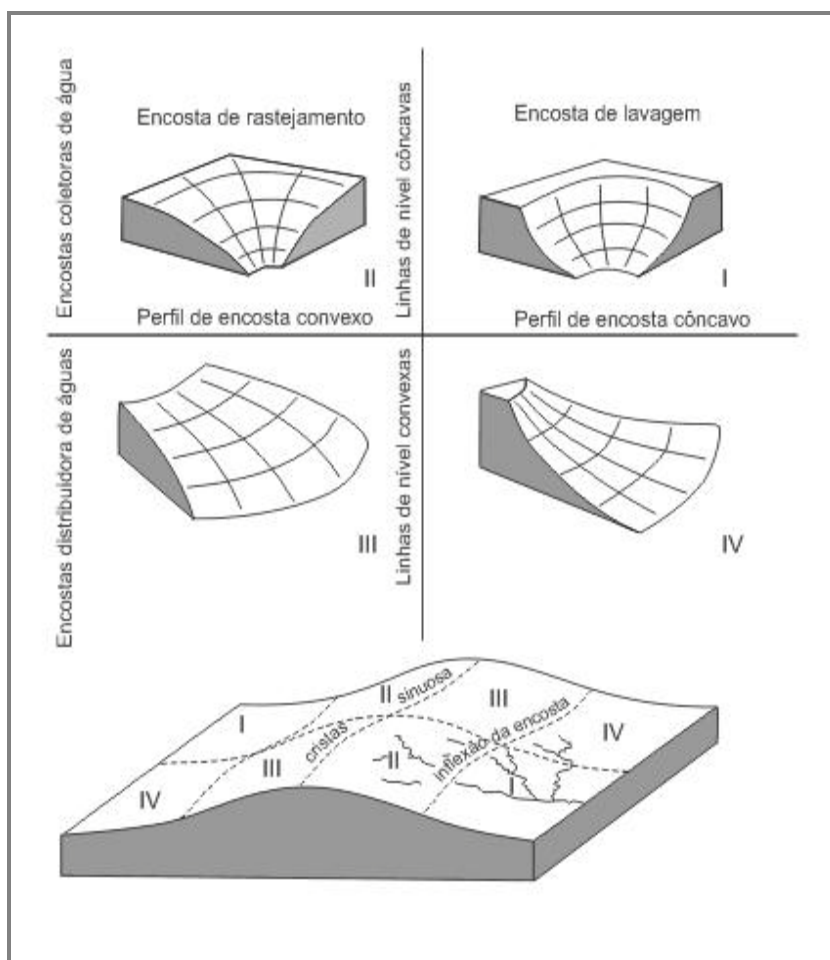


Figura 8.4-2: Classificação dos elementos de encostas de uma paisagem de acordo com a forma e os processos operantes (TROEH, 1965). Fonte: Casseti (2006).

Na parte superior da Figura Troeh (1965) *apud* Casseti (2006) define as encostas conforme a sua disposição à dispersão ou acumulo de água, sendo elas as:

- “coletoras de água”, com contornos côncavos (quadrantes I e II); e,
- “distribuidoras de água”, com contornos convexos (quadrantes III e IV).

O eixo vertical do diagrama separa as encostas com perfis convexos, que facilitam o desenvolvimento do rastejamento (quadrantes II e III), das encostas com perfis côncavos, que favorecem a lavagem pela água das chuvas (quadrantes I e IV). Na



base da representação, o bloco-diagrama mostra como as encostas podem ser subdivididas com relação aos seus elementos componentes.

A vertente não representa simplesmente um perfil bidimensional, mas constitui uma feição tridimensional, a qual segundo Ruhe (1975, 1979) *apud* Bigarella *et al.* (2007), pode apresentar nove aspectos geométricos dependentes do perfil e da forma (Figura 8.4-3).

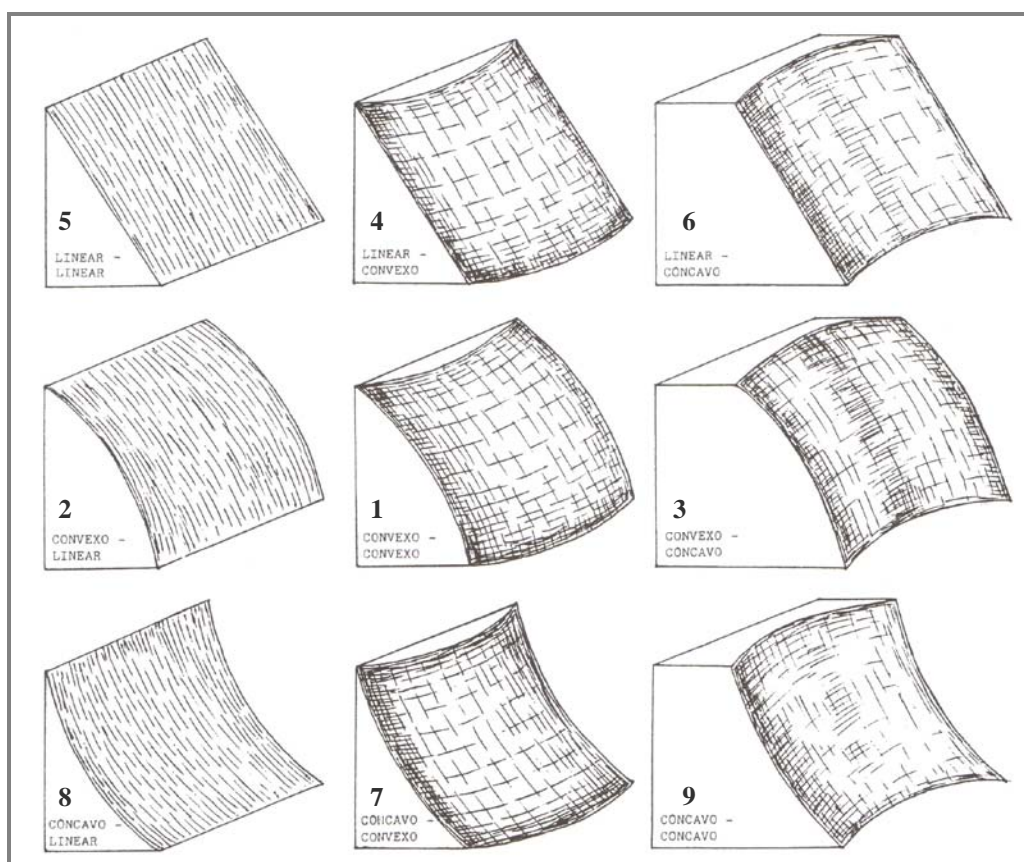


Figura 8.4-3: Diversos tipos de feições tridimensionais eventualmente presentes numa vertente (RUHE, 1975, 1979). Legenda: **1** – forma convexo-convexo (policonvexa); **2** – forma convexo-linear; **3** – forma convexo-côncavo; **4** – linear-convexo; **5** – forma linear-linear; **6** – forma linear-côncavo; **7** – forma côncavo-convexo; **8** – forma côncavo-linear; **9** – forma côncavo-côncavo (policôncava). Fonte: Bigarella *et al.*, (2007).

Fundamentado nos preceitos teóricos apresentados por Hack & Goodlett (1960), Troeh (1965) e Ruhe (1975, 1979), Colangelo (1989, 1996) propõem a elaboração de um instrumental cartográfico (modelo de feições mínimas) voltada para as ciências de base e aplicada, que transforma um fragmento da superfície do terreno em um equivalente, ou seja, onde toda a complexidade geométrica das vertentes

fosse reduzida a nove tipos básicos. Estes tipos condizem, segundo o referido autor, nas Feições Mínimas ou Elementares do relevo.

O esquema gráfico ou unidade ideal do relevo é constituído através do processo de conjugação/associação no plano vertical e horizontal dos três tipos de geometria possíveis, ou seja, convexa, retilínea ou côncava.

Tal modelo possui como premissa fundamental a afirmação de que o contínuo trabalho desenvolvido pelas águas de superfície no decorrer do tempo geológico, é responsável pela gênese de unidades geomorfológicas fundamentais compostas, essencialmente, por frentes de interflúvio (*noses*) e anfiteatros (*hollows*<sup>23</sup>), porém, apresentando derivações, conforme pode ser observados na Figura 8.4-4, a seguir.

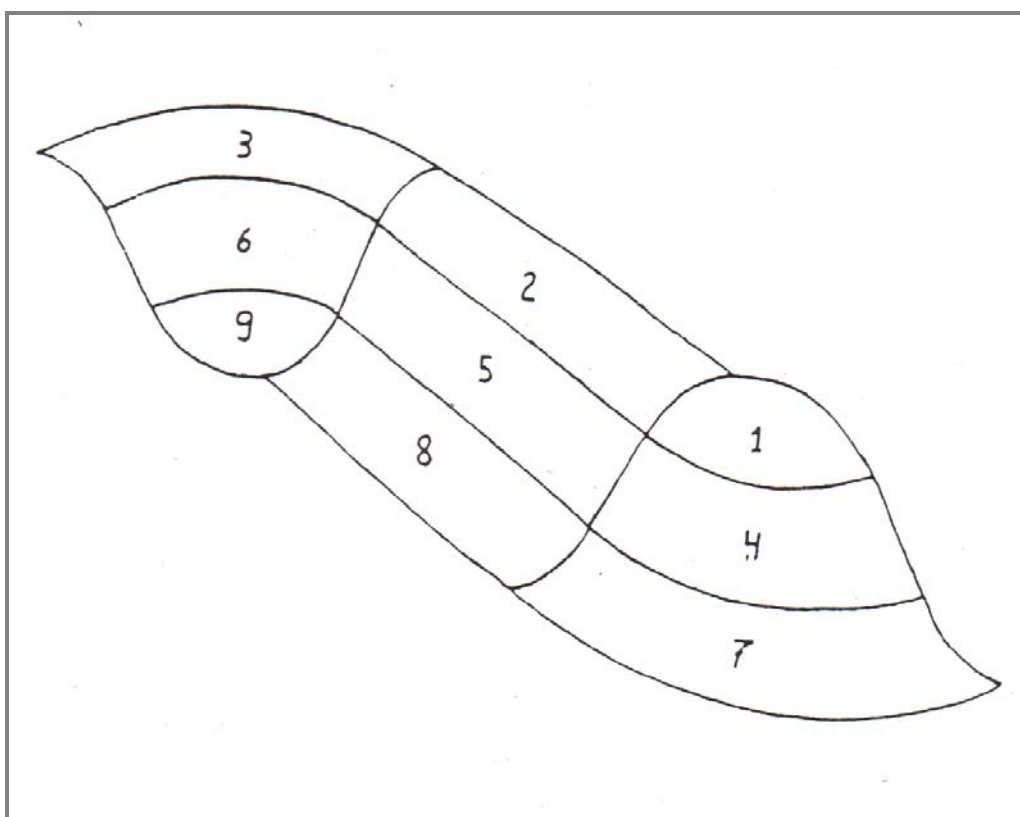


Figura 8.4-4: Unidade ideal de relevo e suas feições mínimas. As frentes de interflúvios (*noses*) são representadas pelas feições de número 1; 2; 3 e 4. Já os anfiteatros (*hollows*) estão associados as do tipo 6; 7; 8 e 9. Fonte: Colangelo (1989).

<sup>23</sup> É a parte central da cabeceira de drenagem, em anfiteatro, ou qualquer outra área da encosta, cujos contornos são côncavos em perfil (vertical) e em planta (horizontal) (GUERRA & GUERRA, 1997).

A idéia chave inerente ao modelo de feições mínimas reside na simplificação dos processos de levantamento, representação e análise da infinidade de formas de relevo encontradas na natureza, por mais complexas que estas se apresentem, podendo, assim, serem decompostas em pequeno número de unidades geometricamente mais simples.

Contanto, deve-se esclarecer, antes de qualquer coisa, que o termo **Feições Mínimas** não possui significado de as menores feições do relevo apreensíveis ou registradas para determinada área, terreno, etc., mas de feições geometricamente mais simples do ponto de visto morfológico e da dinâmica superficial e subsuperficial dos fluxos hídricos. Esta simplificação facilita em termos metodológicos os procedimentos de coleta, tratamento e análise integrada das vertentes/encostas frente aos aspectos morfométricos, morfográficos e morfodinâmicos ora abordados na presente metodologia de estudo do relevo.

O plano de informação referente às feições mínimas fora construído por meio da verificação e registro das conformações geométricas das curvas de nível do terreno em sua perspectiva vertical (curvatura vertical ou em perfil) e horizontal (curvatura horizontal ou em planta).

Para Doornkamp & King (1971) os estudos de compartimentação da topografia indicam a condição geométrica vertical das vertentes como uma das melhores variáveis para a identificação de unidades homogêneas do modelado. A geometria vertical consiste na forma convexa, retilínea ou côncava apresentada pelo terreno, quando analisado em perfil. Tal variável encontra-se relacionada aos processos de dispersão/acúmulo de água, matéria orgânica, sedimentos e minerais nos solos em superfície e subsuperfície de uma determinada feição, na qual atua também a força gravitacional em associação a sua clinometria (declividade) e comprimento da mesma (feição), conforme é demonstrado na Figura 8.4-5.

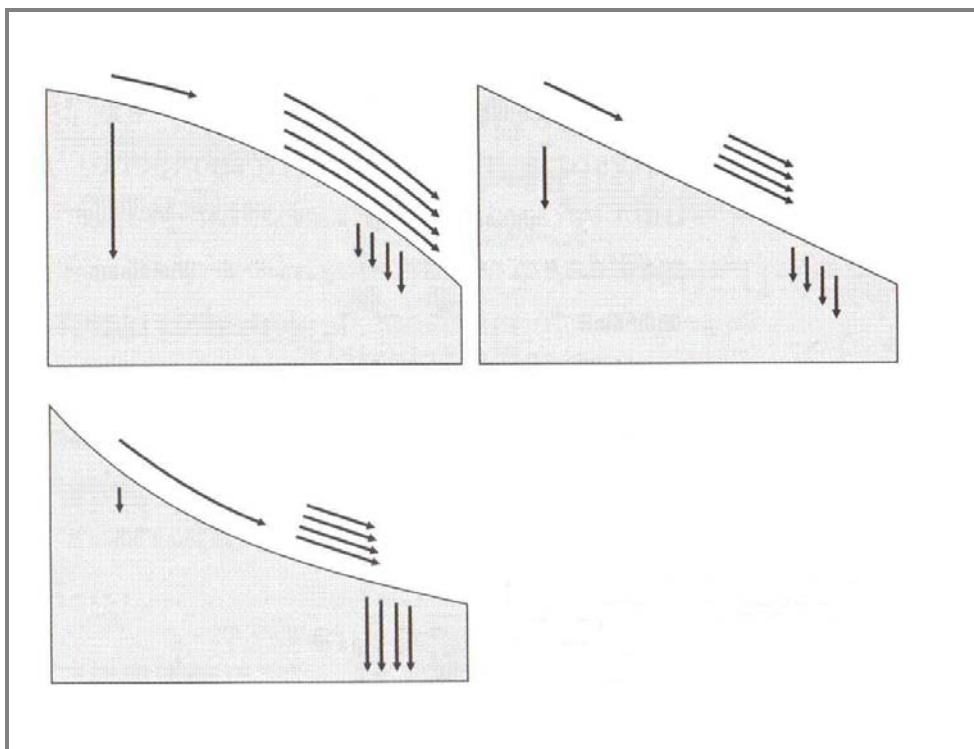


Figura 8.4-5: Ação da geometria vertical (perfil) sobre a hidrologia de superfície.  
Fonte: Valeriano (2008).

Assim, nas feições de geometria vertical convexa predominam a dispersão de fluxos associado à baixa infiltração de d'água ocasionando elevado escoamento superficial (*runoff*). Para as feições de geometria vertical côncava prevalecem à concentração de fluxos correlacionada à elevada infiltração e baixo *runoff*. A geometria vertical retilínea corrobora para com o “equilíbrio” entre as tendências dispersivas (convexas) e acumulativas (côncavas) de fluxos de acordo com sua associação geométrica vertical e horizontal.

As feições do relevo constituídas por geometrias verticais convexas denotam a um determinado ambiente certa favorabilidade a dispersão de fluxos hídricos e de materiais superficiais, ao contrário das côncavas que atuam em sua essência no sentido de acumular tais fluxos. Feições de geometria vertical retilínea agem de modo a atenuar os processos de dispersão ou acumulação extremos (hiperdispersor ou hiperconcentrador), sendo tais aspectos relevantes frente à dinâmica de evolução das vertentes e de seu respectivo grau de instabilidade potencial.

A geometria horizontal (ou em planta) condiz ao caráter divergente/convergente dos fluxos de matéria sobre o terreno, quando analisado por meio da perspectiva horizontal. Tal variável se encontra atrelada à intensidade dos processos de migração e acúmulo de água, minerais e matéria orgânica no solo através da superfície, que possuem origem na atuação da gravidade. De modo análogo a geometria vertical, opera papel decisivo no que condiz o balanço hídrico e o equilíbrio entre os processos morfogenéticos e pedogenéticos.

Como medida de concentração de escoamento superficial, é uma variável importante também para a compreensão de problemas urbanos ligados ao posicionamento de estruturas de drenagem e mapeamento das possíveis áreas de alagamento.

As geometrias horizontais e verticais combinadas representam uma caracterização das formas do terreno às quais se associam à propriedades hidrológicas e de transporte de sólidos diretamente, e pedológicas e ecológicas, além de outros aspectos, indiretamente (VALERIANO, 2008).

Os casos extremos de combinações de geometrias do terreno são representados pela forma policôncava (máxima concentração e acumulação de escoamento) e pela forma policonvexa (máxima dispersão do escoamento). As combinações intermediárias têm características dependentes das relações entre as intensidades (módulos) dos efeitos individuais.

Assim, da conjunção dos pares de curvaturas (vertical e horizontal) extraídos, fora levantado às nove tipologias de feições com suas peculiaridades hidrodinâmicas específicas. Estas estão relacionadas a três grandes domínios de fluxos hídricos, sendo eles o dispersor, neutro e concentrador, conforme exposto no quadro a seguir.

**Quadro 8.4-1: Feições Mínimas das Vertentes e Domínios Hidrodinâmicos.**

| <b>Feições Mínimas</b> |                           |                             |                               |                |
|------------------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------|----------------|
| <b>Tipos</b>           | <b>Formas</b>             |                             | <b>Fluxo Resultante</b>       | <b>Domínio</b> |
|                        | <b>Curvatura Vertical</b> | <b>Curvatura Horizontal</b> |                               |                |
| 1                      | CV                        | CV                          | Hiperdispensor                | DISPERSÃO      |
| 2                      | CV                        | R                           | Mesodispensor longitudinal    |                |
| 3                      | CV                        | CC                          | Hipodispensor                 |                |
| 4                      | R                         | CV                          | Mesodispensor radial          |                |
| 5                      | R                         | R                           | Neutro                        | TRANSIÇÃO      |
| 6                      | R                         | CC                          | Mesoconcentrador radial       | CONCENTRAÇÃO   |
| 7                      | CC                        | CV                          | Hipoconcentrador              |                |
| 8                      | CC                        | R                           | Mesoconcentrador longitudinal |                |
| 9                      | CC                        | CC                          | Hiperconcentrador             |                |

Fonte: Modificado de Colangelo, (1989, 1996).

Cada geometria de forma é representada no presente quadro pelas seguintes siglas: CV (forma convexa), CC (forma côncava) e R (forma retilínea).

De acordo como referido modelo, as tipologias de 1 a 4 estão atreladas à ocorrência de fluxos hídricos dispersores, isto é, que tendem a não concentrar as águas derivadas dos fenômenos pluviométricos, sendo elas a:

- 1 – hiperdispersora ou policonvexa;
- 2 – mesodispersora longitudinal ou convexo-Retilínea;
- 3 – hipodispersora ou convexo-côncava; e,
- 4 – mesodispersora radial ou retilíneo-convexa.

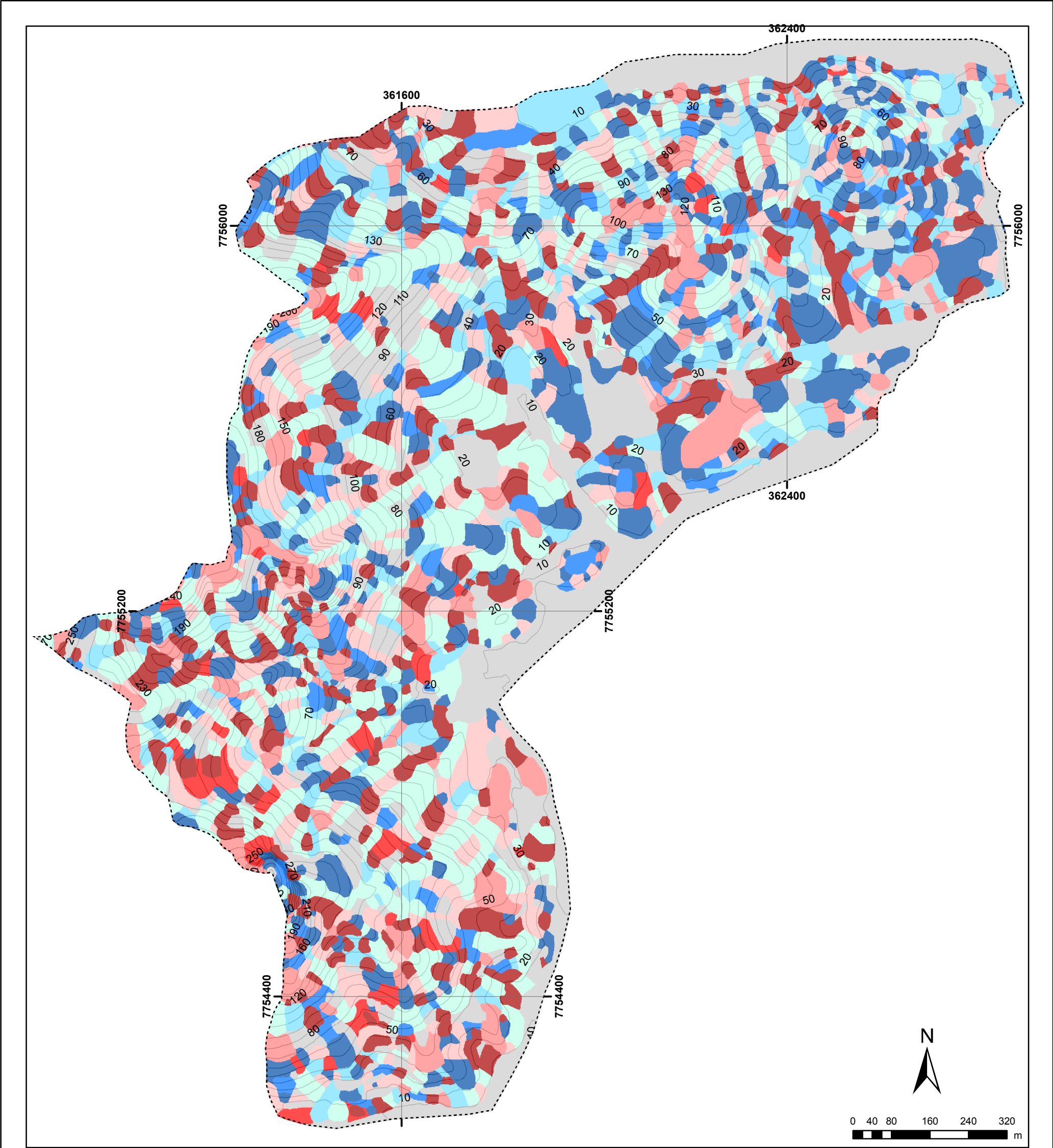
As tipologias de 6 a 9 se referem às feições de caráter predominantemente concentrador, sendo elas distribuídas em:

- 6 – mesoconcentradora radial ou retilíneo-côncava;
- 7 – hipoconcentradora ou côncava-convexo;
- 8 – mesoconcentradora longitudinal ou côncavo-retilínea; e,
- 9 – hiperconcentradora ou policôncava.

A feição de número 5 é classificada por Colangelo (1996) como transitória ou neutra devido à conjunção de geometrias retilíneas, tanto na perspectiva vertical (em perfil) como horizontal (em planta), denotando certa indefinição quanto ao seu caráter de transporte hidrodinâmico.

Apresenta-se na Figura 8.4-6, a seguir, a carta de Feições Mínimas do Relevo extraída para a Unidade Topomorfológica Tabuazeiro. Na intenção de dar maior destaque as feições mapeadas, fora sobreposto a estas as curvas de nível do terreno com eqüidistâncias de 5 metros.





| LEGENDA   |  | DADOS TÉCNICOS   |  | Figura 8.4-6: Carta de Feições Mínimas do Relevo<br>Unidade Topomorfológica Tabuazeiro<br>Vitória-ES |                                   |
|---|--|--|--|--|-----------------------------------|
| <b>Domínio de Fluxos Hídricos</b><br>(1) Hiperdispensor<br>(2) Mesodispensor Radial<br>(3) Hipodispensor<br>(4) Mesodispensor Longitudinal<br>(5) Neutro<br>(6) Mesoconcentrador Radial<br>(7) Hipoconcentrador<br>(8) Mesoconcentrador Longitudinal<br>(9) Hiperconcentrador | Limites da Área de Estudo<br>Curvas de Nível 5x 5 m<br>Cota Altimétrica em m | Projeção UTM<br>Meridiano Central: -39° W de Greenwich<br>DATUM: SAD 69 - Zona 24S |  | ORGANIZADOR:<br>FERNANDO MIEIS CAUS  | INSTITUIÇÃO:<br>UFES<br>CCHN-PPGG |
|   |  | LOCALIZAÇÃO  |  | DATA:<br>Dez/2009  | ESCALA:<br>1:8.000                |
|   |  |  |  | FONTES:<br>IBGE<br>Prefeitura Municipal de Vitória/SUBTI   |                                   |



Todavia, foram definidas as relações de importância mútua para os conjuntos de feições mínimas, bem como, de cada feição em separado, frente às suas respectivas contribuições para a instabilidade potencial do relevo.

Contanto, o conjunto referente à dispersão formado pelas feições de 1 a 4, corroboram para a maior estabilização do relevo em função de seu caráter dispersor de fluxos hídricos e de materiais que, em tese, distribuiu tais fluxos de modo mais uniforme sobre as encostas, evitando, assim, a hiperconcentração. Tais peculiaridades auxiliam a cobertura vegetal na proteção das camadas de materiais geológicos e pedológicos frente ao excesso de água das chuvas, contribuindo, contanto, para a manutenção de sua coesão e estabilidade.

Destaca-se em relação ao conjunto de feições mínimas dispersoras a de número 1 (policonvexa ou hiperdispersora), visto a sua forte capacidade de dispersão dos fluxos, sendo tal morfologia, em relação às demais, a de maior relevância para manutenção da estabilidade do modelado. As feições mesodispersora longitudinal e radial (feições de número dois e quatro) são consideradas mais importantes do ponto de vista da estabilidade do relevo do que a de número três (hipodispersora), fato que as primeiras concernem à realização de maior dispersão de fluxos do que a última.

De acordo com conceitos e teorias acima explanados, o conjunto formado pelas feições de seis a nove corrobora para instabilização das encostas em função de suas peculiaridades concentradoras de fluxos hídricos e de materiais em superfície e subsuperfície, ou seja, respondendo por uma má distribuição dos fluxos nas encostas. Tais conformações morfológicas condicionam os materiais constituintes das encostas - em especial aos solos - a apresentarem uma concentração excessiva de água em seus interstícios e vazios, provocando, desta forma, a perda de coesão interna dos mesmos, comumente refletido na deflagração de movimentos coletivos de massa.

A feição de número nove (hiperconcentradora) se apresenta como a de maior potencial a acumulação de água e de outros materiais em superfície e subsuperfície, sendo, contanto, considerada como de forte relevância para a instabilização do

modelado. As feições mínimas de número seis e oito são tidas como domínios intermediários ao processo de acumulação desse conjunto, tendo assim importância mediana para a instabilidade do relevo em comparação a feição policôncava (número nove), e superior em relação à de número 7 (hipodispersora).

O modelo de feições mínimas ou elementares do relevo faz-se relevante para o desenvolvimento da presente proposta metodológica devido, não apenas a sua interveniência na dinâmica de fluxos hídricos superficiais, mas também em relação aos demais fatores abordados no presente estudo, em especial no que se referem aos aspectos clinográficos, materiais superficiais e fenômenos morfodinâmicos recorrentes.

Colangelo (1996) tece a seguinte afirmação em relação a tal perspectiva integradora do modelo de feições mínimas do relevo:

“A geometria das formas de relevo, além de regular o comportamento da declividade e da orientação das vertentes, tem uma importante participação no controle dos tipos e da dinâmica dos fluxos hídricos superficiais e subsuperficiais. Isto implica a possibilidade de correlações com uma infinidade de outros fatores e variáveis de naturezas das mais diversas, entre os quais se destacam aqueles ligados à cobertura vegetal e solo.” (p. 29).

A interpretação do modelo de feições mínimas em conjunto com os demais planos de informações abordados contribui para com a compreensão da dinâmica atual das formas de relevo, assim como na avaliação qualitativa dos graus de instabilidade emergente e potencial do meio em questão.

Contudo, tal perspectiva de abordagem das vertentes é considerada como fundamental para o esclarecimento dos processos dinâmicos operantes na área de estudo abarcada, fato que possibilita elaborar uma síntese não apenas do comportamento hidrodinâmico de cada feição do relevo, mas também do modelado como um todo.

Assim, toma considerável relevância o estudo das vertentes proposto acima, visto que esta é a base fundamental de sustentação das atividades humanas e palco onde ocorre o estabelecimento das relações sociais abrangendo suas diversidades e conflitos quanto ao seu uso e ocupação.

## 8.5 DENSIDADE DE DRENAGEM PLUVIAL

A rede de drenagem se constitui em um importante indicador de alterações ocorridas na composição da paisagem de bacias hidrográficas, seja por mudanças na sua estruturação, forma, ou por perda ou ganho de canais, e indica o grau de dissecação da superfície. Para cada ambiente, os sistemas hidrográficos dependem principalmente das proporções de infiltração e deflúvio, considerando, no entanto, a resistência à erosão, o mais importante fator, e que, em períodos relativamente longos, exerce o efeito dominante no desenvolvimento dos sistemas hidrográficos e das bacias de drenagem.

No campo da análise geomorfológica, a consideração da densidade de drenagem no estudo modelado e de seus processos correlatos, possui a virtude de servir como ferramenta auxiliar para a avaliação da dinâmica dos sistemas de superfície terrestre. Isto se dá na medida em que se torna explícito como os padrões de dissecação elaborados pela drenagem se relacionam com a estrutura geológica e os materiais superficiais de um determinado sítio ou bacia.

A apreensão e quantificação de tal fator se justificam no fato de que a diversidade de estruturas e materiais superficiais recorrentes na área de estudo detém considerável influência sobre a evolução da paisagem local, em específico no que se refere à gênese e evolução das formas de relevo, refletidas de forma direta na ocorrência de processos geomorfodinâmicos no sistema vertente.

Em especial, tal parâmetro está relacionado de maneira direta com a capacidade de certos setores do terreno em drenar e/ou acumular águas derivadas dos eventos

pluviométricos, o que contribui para uma melhor avaliação da instabilidade potencial do relevo frente à questão da dispersão ou contração de fluxos hídricos superficiais.

A correlação entre parâmetros morfométricos e a ocorrência de determinados tipos de processos naturais, pode levar ao estabelecimento de modelos de evolução da paisagem. Christofolletti (1980) destaca a importância da densidade de drenagem descrevendo-a como uma variável potencialmente significativa e útil aos estudos geomorfológicos, ressaltando duas funções distintas de seu estudo, sendo elas:

- a resposta aos controles exercidos pelo clima, vegetação, litologia e outras características da área drenada; e
- o fator que Influência o escoamento e o transporte sedimentar na bacia de drenagem.

O desenvolvimento de sistemas hidrográficos e suas bacias de drenagem por processos de erosão hídrica foram explicados por Horton (1945). O referido autor concluiu que a análise da drenagem superficial fornece indicações sobre a relação infiltração/deflúvio, capacidade de infiltração, permeabilidade e textura dos materiais presentes em uma área.

A Figura 8.5-1 a seguir condiz às relações existentes entre valores de densidades de drenagem, clinometria (declividade) e o comprimento das vertentes.

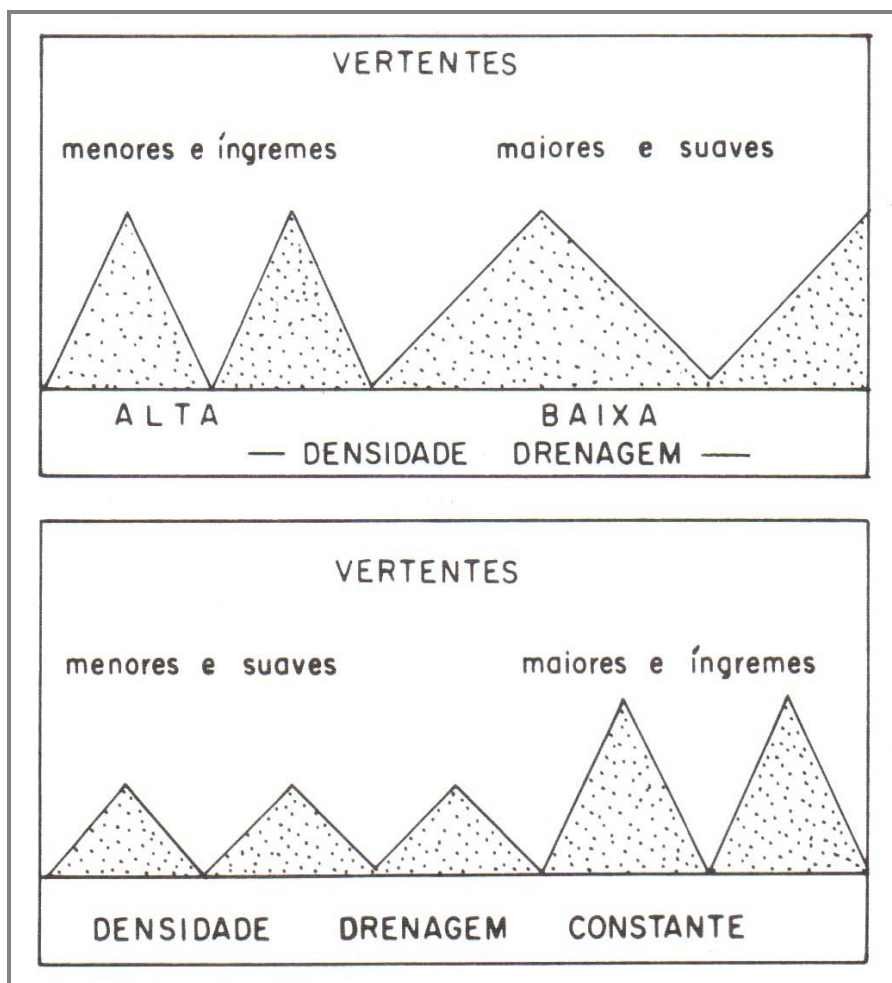


Figura 8.5-1: As relações estabelecidas entre a densidade da drenagem, declividade e comprimento das rampas. Fonte: Christofolletti (1980).

Inferese-se, de acordo com o esquema acima apresentado, que: quanto maior a densidade de drenagem de uma área com relevo constante, menores e mais inclinadas serão as vertentes; por outro lado, quanto maior a amplitude altimétrica em uma área de densidade de drenagem constante, mais longas e mais inclinadas serão as vertentes. Assim, pode-se deduzir que setores do modelado relacionados à baixa densidade de drenagem contribuem para maior estabilidade das formas do que as áreas que apresentam forte densidade, visto que, em tese, apresentam menores valores clinométricos para as encostas, mesmo relacionadas a encostas ou vertentes de maior extensão.

Christofolletti (1980) discute a relevância de se abarcar a densidade de drenagem em estudos de bacias hidrográficas, fato que em um mesmo ambiente climático o

comportamento hidrológico das rochas repercute nos valores apresentados por este parâmetro, sendo que para ele:

(...) as rochas que apresentam maior dificuldade de infiltração favorecem ao escoamento superficial, o que leva a maior possibilidade de esculturação de canais de drenagem, como por exemplo, as rochas de granulação fina, denotando como consequência uma alta densidade de drenagem. O contrário ocorre com as litologias que apresentam granulometria grosseira, visto que a probabilidade de elaboração de novos canais de drenagem é menor em função da boa capacidade de infiltração das águas pluviais correspondente a tal substrato (p.116).

Além da geologia, outros fatores do meio físico podem influenciar na densidade de drenagem em uma bacia hidrográfica, tais como: topografia, clima, solo, relevo, declividade e vegetação. Dentre os fatores antrópicos, apenas a urbanização e a agricultura são capazes de provocar alterações consideráveis na densidade de drenagem.

A densidade de drenagem é também um bom indicador da permeabilidade do solo. Solos arenosos, mais permeáveis, comumente apresentam densidade de drenagem menor do que solos mais argilosos.

Geralmente, regiões em que os solos são pouco permeáveis apresentam grande quantidade de canais de drenagem. Sabe-se da pedologia que os solos pouco permeáveis à água são geralmente solos rasos como, por exemplo, os Neossolos Litólicos. Assim, se observando o padrão de drenagem da rede hidrográfica de uma bacia pode-se fazer inferências dos tipos de solos que predominam nela. Por outro lado, baixas densidades de drenagem indicam solos profundos e permeáveis, ou seja, com altas taxas de infiltração e drenagem como os latossolos.

Essa variável se relaciona diretamente com os processos climáticos atuantes na área estudada, os quais influenciam o fornecimento e o transporte de material detrítico ou indicam o grau de manipulação antrópica. Em outras palavras, para um

mesmo tipo de clima, a densidade de drenagem depende do comportamento hidrológico das rochas.

A verificação dos valores relativos à densidade de drenagem pluvial é um modo direto de se verificar a totalidade do tamanho dos canais observáveis em relação a uma unidade de área considerada.

Vale ressaltar que o termo Densidade de Drenagem Pluvial adotado no presente estudo faz alusão teórica e prática ao conceito de Densidade de Drenagem desenvolvido por Horton (1945). Porém, este foi adaptado às condições naturais apresentadas pelo sítio geomorfológico da Unidade Topomorfológica Tabuazeiro, visto que o mesmo condiz a uma bacia de “ordem zero”, ou seja, não apresenta canais fluviais perenes, o que o impossibilita de ser caracterizado como uma bacia hidrográfica *strictu sensu*.

Portanto, são registrados e avaliados no lugar dos canais fluviais perenes os canais de drenagem pluvial condizentes ao modelado da área de estudo.

Segundo Christofolletti (1980), a densidade de drenagem consiste na razão entre o comprimento total dos canais de escoamento pela área da bacia hidrográfica. Esta é definida pela seguinte equação matemática:

$$Dd = Lt/A$$

na qual:

- *Dd* representa a densidade de drenagem;
- *Lt* o comprimento total de canais; e
- *A*, a área da bacia, que neste caso em específico será a área da Unidade Topomorfológica Tabuazeiro.

Os índices ou valores de densidade de drenagem para grande e média bacias hidrográficas são comumente extraídos na unidade Km/Km<sup>2</sup> (quilômetro por quilômetro quadrado). Porém, em função das peculiaridades da área de estudo já

acima destacadas e por apresentar uma área total de apenas 2,23Km<sup>2</sup>, adotou-se, na elaboração da presente carta/tema, a unidade de mensuração m/Km<sup>2</sup> (metro por quilômetro quadrado).

A utilização de tal fator se justifica na medida em que a verificação de sua frequência por unidade de área (densidade) está relacionada de forma direta com a tipologia e a profundidade média das coberturas pedológicas. Esta também exerce influência na disponibilização de materiais de distintas granulometrias no trabalho realizado pelos agentes exogenéticos, na ação da chuva e de sua respectiva dinâmica de fluxos superficiais e subsuperficiais responsável, que integrados respondem pelos processos de modificação e/ou mobilização dos materiais que formam a estrutura do relevo (PENTEADO, 1978).

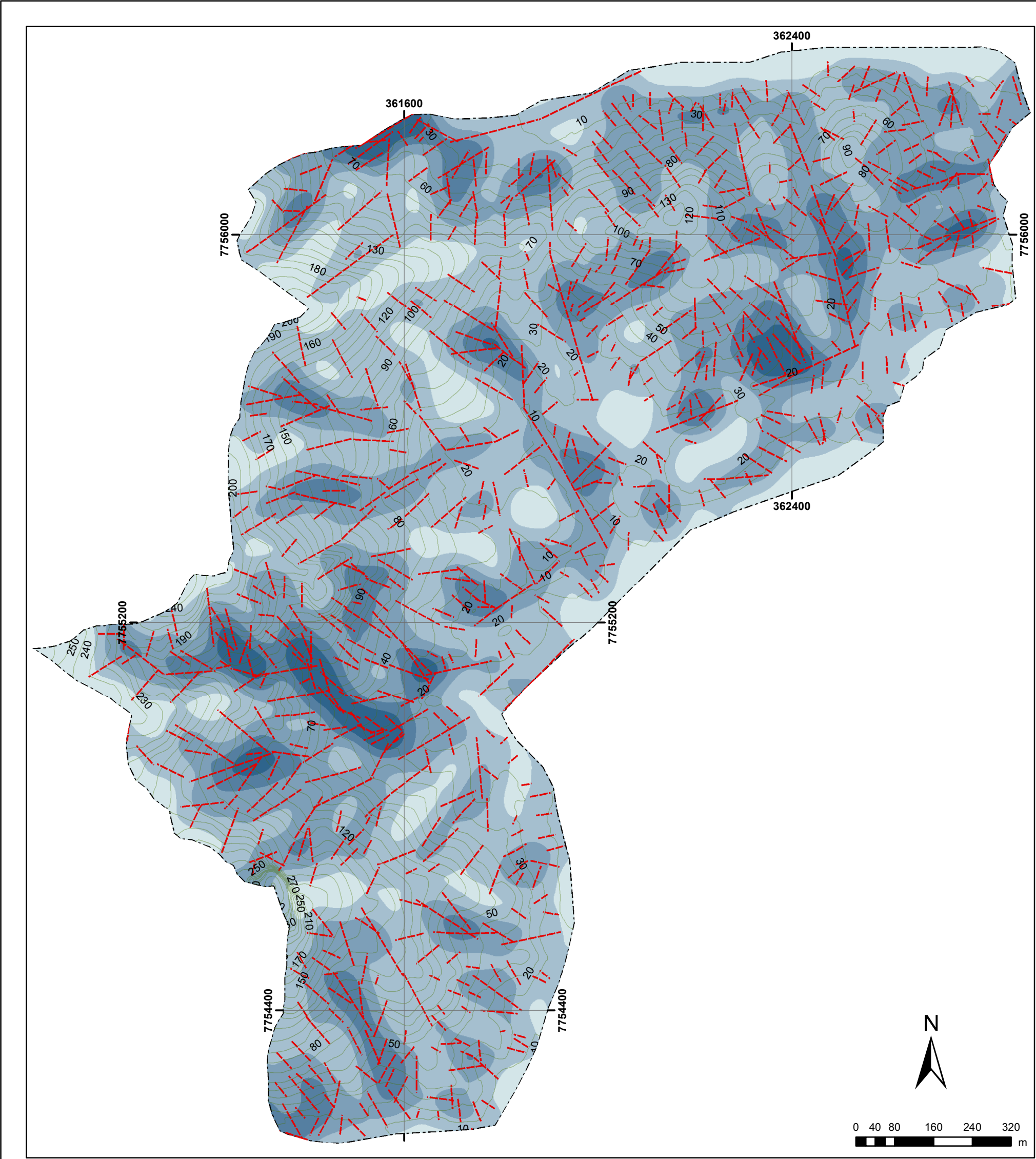
As classes de densidades de drenagem pluvial adotadas para a construção e análise do modelo proposto estão representadas na Tabela 8.5-1 abaixo.


**Tabela 8.5-1: Densidades de Drenagem Pluvial e Suas Respectivas Classes.**

| Comprimento Total dos Canais de Drenagem<br>Pluvial/Unidade de Área (m/Km <sup>2</sup> ) |
|--|
| > 40   |
| 30 – 40  |
| 20 – 30  |
| 10 – 20  |
| < 10   |

A carta de densidade da drenagem pluvial com suas respectivas classes para área de estudo se encontram representada na Figura 8.5-2 em conjunto com a marcação dos referidos canais recorrentes. As cinco classes foram definidas através da observação da amplitude condizente ao menor e maior valor de densidade auferido, sendo o seu resultado parcelado em cinco conjuntos de valores com igual amplitude (10 m/Km<sup>2</sup>).





| LEGENDA   |  | DADOS TÉCNICOS   |  | <b>Figura 8.5-2: Carta de Densidade de Canais de Drenagem Pluvial</b><br><b>Unidade Topomorfológica Tabuazeiro</b><br><b>Vitória-ES</b> |  |
|---|--|--|--|---|--|
| <b>Densidade de Canais de Drenagem Pluvial</b><br><div><div>&lt; 10m/Km2</div><div>10 - 20m/Km2</div><div>20 - 30m/Km2</div><div>30 - 40m/Km2</div><div>&gt; 40m/Km2</div></div>      |  | Projeção UTM<br>Meridiano Central: -39° W de Greenwich<br>DATUM: SAD 69 - Zona 24S   |  |   |  |
|   |  | LOCALIZAÇÃO  |  | ORGANIZADOR:<br>FERNANDO MIEIS CAUS   |  |
|   |  |  |  | INSTITUIÇÃO:<br>UFES<br>CCHN-PPGG   |  |
|   |  |  |  | DATA:<br>Dez/2009   |  |
|   |  |  |  | ESCALA:<br>1:8.000  |  |
|   |  |  |  | FONTES:<br><br>IBGE<br>Prefeitura Municipal de Vitória/SUBTI  |  |
| <div><div>----- Canais de Drenagem Pluvial</div><div>----- Limites da Área de Estudo</div></div> <div><div>----- Curva de Nível 5x5 m</div><div>150 Cota Altimétrica em m</div></div> |  |  |  |   |  |

Para a avaliação das classes de densidades de drenagem pluvial adotadas no presente estudo frente às suas respectivas importâncias para instabilidade potencial do relevo, admitiu-se teoricamente a afirmativa de que: Quanto maior for o índice de densidade de drenagem menor será a capacidade de infiltração da água, isto é, maior será o escoamento superficial difuso (*runoff*) e concentrado corroborando assim com a instabilização das encostas. Valores de densidade baixos indicam que determinado setores do modelado se comportam de modo mais favorável à infiltração, ou seja, possuem potencial considerado de absorver água atenuando a dinâmica erosiva desenvolvida pelo *runoff*.

Desta maneira, a classificação para este indicador realiza-se com base na premissa de que quanto maior a densidade de drenagem, maior o risco da área em sofrer os impactos negativos dos processos erosivos e dos movimentos de massa coletivos.

## 8.6 COMPRIMENTO MÉDIO DAS ENCOSTAS

De forma complementar a incorporação e análise integrada dos temas acima citados, propõe-se no corpo do presente estudo a realização da mensuração dos valores médios referentes ao comprimento de rampas do modelado.

Este fora obtido de forma individualizada para cada Subunidade Topomorfológica, tendo como objetivo fornecer padrões morfométricos contínuos nos quais se podem inferir de forma qualitativa os distintos graus de exposição das vertentes à atuação dos processos pedogenéticos e morfogenéticos.

O termo rampa possui no presente trabalho conotação descritiva condizente aos segmentos de geometria essencialmente convexa das vertentes, sendo estes mensurados a partir do topo em direção a sua base, ou seja, do seu limite superior e inferior demarcados respectivamente por rupturas positivas e negativas de forma.

O comprimento de vertente tem grande influência em algumas características do terreno, tais como capacidade de infiltração, tempo necessário para o escoamento desde o divisor de águas até o talvegue e na capacidade erosiva. Desta forma, constitui-se em um parâmetro morfométrico de certa relevância para ser analisado em estudos geomorfológicos.

Nesse contexto, Bertoni & Lombardi Neto (1990) colocam que a topografia do terreno, representada pela declividade e pelo comprimento das vertentes, exerce acentuada influência sobre a erosão. O tamanho e a quantidade do material em suspensão arrastado pela água dependem da velocidade com que ela escorre e essa velocidade é uma resultante do comprimento do vertente e do grau de declive do terreno. Apresenta-se na Figura 8-6-1 a seguir um esquema relacional entre o comprimento de rampa e sua interferência na hidrodinâmica superficial.

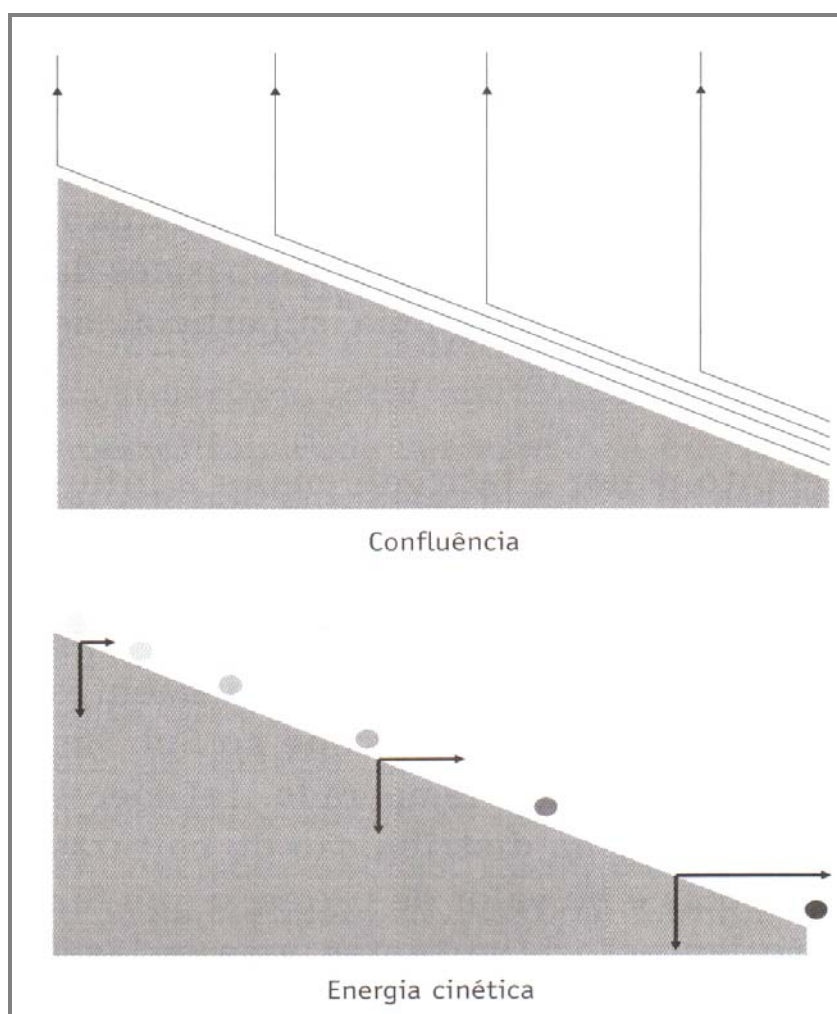


Figura 8.6-1: Ação do comprimento de rampa sobre a hidrologia de superfície. Fonte: Valeriano (2008).

De acordo Bertoni & Lombardi Neto (1990), pesquisas realizadas pelo Instituto Agrônomo de Campinas demonstram que quadruplicando o comprimento da vertente, quase são triplicadas as perdas de terra por erosão, diminuindo em mais da metade as perdas de água, ou seja, ocorre a redução do escoamento por aumento da superfície de infiltração.

Os valores condizentes ao comprimento médio de rampas extraídos para cada Subunidade Topomorfológica são expostos na Tabela 8.6-1.

**Tabela 8.6-1: Valores dos Comprimentos Médios para as Subunidades Topomorfológicas.**

| <b>Subunidade Topomorfológica</b> | <b>Comprimento Médio de Rampas (m)</b> |
|-----------------------------------|--|
| Pedra dos Olhos                   | 447,00                                 |
| Morro do Macaco                   | 525,00                                 |
| Joana D'Arc-Mulembá               | 336,00                                 |

Segundo Valeriano (2008), o comprimento de rampa tem importante influência sobre o comportamento do escoamento superficial, determinando a velocidade do fluxo e o seu grau de confluência. A capacidade de remoção e de transporte de partículas do solo pelo escoamento superficial está, portanto, diretamente ligada ao comprimento de rampa.

Assim, a consideração do comprimento médio das rampas no presente estudo se faz em função da sua importância para o entendimento da atuação dos processos geomorfodinâmicos atuantes sobre os materiais constituintes das vertentes. Contudo, este parâmetro possui forte relação com a questão da dinâmica dos processos morfodinâmicos e depósitos correlativos discutidos no item a seguir.

## 8.7 PROCESSOS MORFODINÂMICOS E DEPÓSITO CORRELATIVOS

As atividades de identificação e análise dos processos morfodinâmicos e depósitos correlativos condizentes ao modelado em estudo, fazem-se importantes para uma melhor compreensão da atual dinâmica evolutiva das formas atuais.

No que condiz ao entendimento da gênese e evolução dos processos morfodinâmicos e dos depósitos correlativos, é sabido que não deve considerar apenas a atuação dos agentes exógenos naturais (chuva, vento, radiação solar etc.), mas também as interferências de origem antrópica, visto que estas possuem forte relevância para a questão da manutenção do equilíbrio ambiental de um determinado meio. Tal argumento se funda na perspectiva de que as sociedades urbanas pós-modernas mantêm forte relação com os meios que as circunscrevem, os condicionando e sendo condicionadas ao mesmo tempo pelos fenômenos naturais.

No que se refere ao âmbito da área de estudo ora abarcada e de sua complexidade sócioambiental anteriormente discutida, apresentam-se como tipologias referentes à investigação as seguintes feições erosivas e depósitos correlativos:

- erosão laminar;
- erosão linear;
- cicatriz de escorregamento;
- queda de blocos;
- depósito de enxurrada; e,
- depósito de escorregamento.

O processo de erosão laminar, ou em lençol, consiste na remoção de material das encostas por meio do escoamento difuso das águas pluviais. Este acontece quando o escoamento de água “lava”, de cima para baixo, toda a superfície do terreno, transportando as partículas sem formar canais definidos, caracterizando, o que se chama na literatura específica, de Fluxo Hortoniano (IPT, 1991).

As condições básicas para recorrência de tal fenômeno erosivo residem, essencialmente, na capacidade de absorção de água pelos solos em associação às diversas magnitudes e frequências dos eventos pluviométricos, tendo como fatores

diretos a constituição e distribuição da cobertura vegetal local, assim como os tipos de manejo do solo empregados.

Tais intervenções possibilitam o desenvolvimento de modificações nas relações processuais, em específico, no que compete ao quadro das componentes de infiltração da água no solo. Esse quadro passa de essencialmente perpendicular à predominantemente paralelo, denotando a acentuação do escoamento superficial difuso, o que, conseqüentemente, leva a intensificação dos processos erosivos de cunho laminar sobre as vertentes expostas.

A erosão linear ou em sulcos se conforma pela dinâmica de remoção de materiais das encostas através da concentração de fluxos d'água em caminhos preferenciais. O aprofundamento dos sulcos devido ao arrasto das partículas sob a superfície pode ocasionar o aparecimento de ravinas com alguns metros de profundidade (IPT, 1991).

De acordo com Horton (1945), as ravinas são quase sempre iniciadas a uma distância crítica do topo da encosta, onde o escoamento superficial se torna canalizado. Porém, nada impede que elas surjam em formas de pequenas incisões próximas à base das encostas devido à saturação do escoamento superficial, tomando, em certos casos, um aspecto de evolução a remontante, isto é, em direção ao topo da encosta.

A ocorrência de sulcos ou ravinas ao longo das encostas deve ser abordada através de um viés que correlacione tal fenômeno à questão da degradação dos recursos ambientais e de seus respectivos desdobramentos sobre as comunidades bióticas e antrópicas. Para tanto, torna-se essencial não apenas o registro de sua ocorrência, mas também sua compreensão e conexão com os aspectos morfométricos, morfológicos e morfográficos aqui discutidas e tratadas.

Os processos erosivos de cunho laminar e linear são discutidos e ilustrados de modo mais aprofundado no caput 8.3, condizente às formas de uso e ocupação do solo.

O fenômeno de movimento de massa relacionado à queda de blocos fora considerado por Guidicini & Nieble (1984) como o processo de rápido deslocamento vertical de blocos/ou lascas de rocha, caindo pela ação da gravidade sem a presença de uma superfície de deslizamento, na forma de queda livre. Sua ocorrência está associada, principalmente, à encostas íngremes formadas na maioria dos casos por afloramentos rochosos que contribuem de forma generosa para com a formação de depósitos de tálus nos sopés das vertentes.

A cicatriz de escorregamento condiz a uma caracterização da marca deixada na superfície do terreno por tal evento. Comumente retrata na paisagem a ruptura do equilíbrio preexistente da forma em função da ação de alguns ou de diversos fatores ou condicionantes geoambientais.

A presença de cicatrizes, numa encosta, pode ser importante para elucidar como, porque e onde certos processos geomorfológicos ocorreram.

As quedas de blocos estão condicionadas a diversos fatores, em especial a presença de descontinuidades na litologia que sustenta a forma, como as fraturas e os bandeamentos composicionais, sendo estes locais, ou pontos, preferências para progressão do intemperismo físico e químico. A Figura 8.7-1 a seguir demonstra de modo esquemático tais condicionantes relacionadas à ocorrência de quedas de blocos.

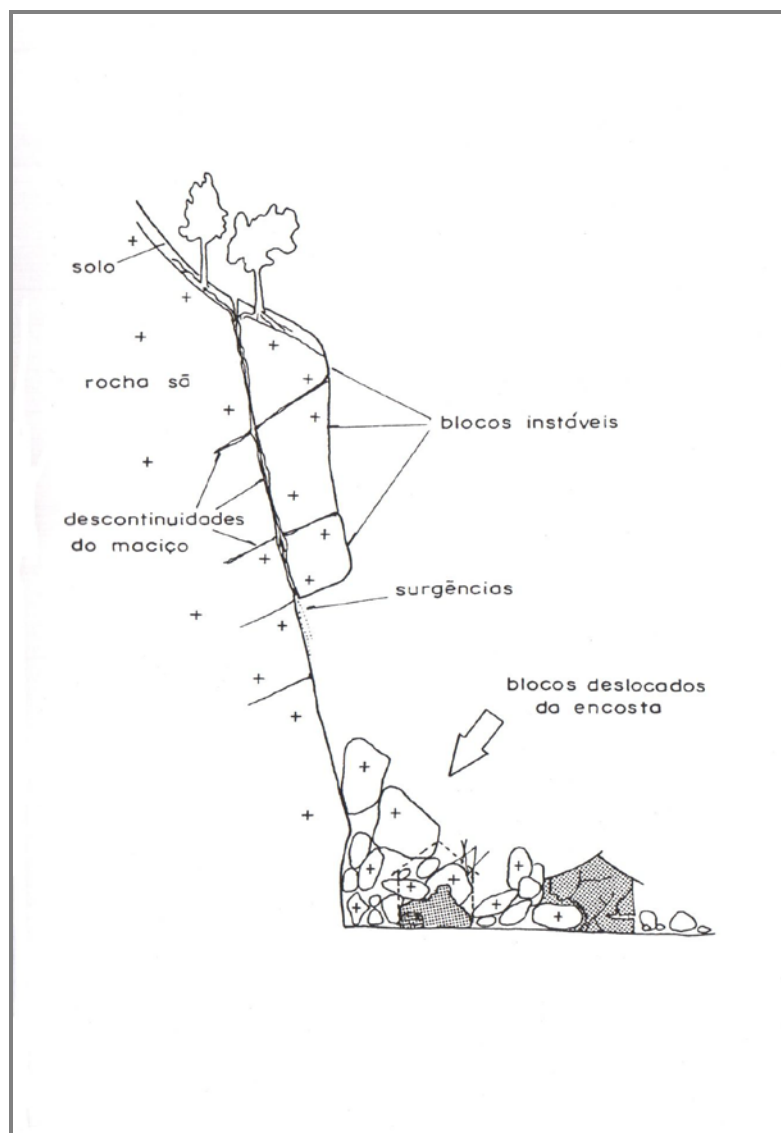


Figura 8.7-1: Ilustração das condicionantes, materiais e processos envolvidos na ocorrência do fenômeno de queda de blocos. Fonte: IPT (1991).

De acordo com o IPT (1991), as causas básicas de ativação deste processo são:

- a existência de descontinuidades na litologia, proporcionando o processo de isolamento de blocos rochosos;
- a subpressão ou aumento da pressão negativa por meio do acúmulo de água entre as fraturas ou zonas de fraqueza das rochas; e,
- a penetração e crescimento de raízes em zonas de fraturas das rochas.

Somam-se a tais causas diversas ações de cunho antrópico, como, por exemplo: cortes em taludes para construção de estradas, vibrações provenientes de



detonações em áreas de mineração, instalação de “caixas de empréstimos” para o fornecimento de materiais geológicos para a construção civil, entre outras.

Conforme destacam Guidicini & Nieble (1984), a tipologia dos materiais predominantemente presentes nos escorregamentos é constituída por espessas camadas de solos, ou por uma complexa mistura de solo e rocha, e até mesmo lixo doméstico, sendo este último, em alguns casos, fator preponderante para a ocorrência deste tipo de fenômeno em áreas urbanas.

Estes depósitos são caracterizados comumente pela ocorrência de colúvios e depósitos de tálus preferencialmente localizados nos setores mais suaves do relevo, associados às morfologias de geometria policôncavas.

A observação de tais aspectos morfodinâmicos será integrada aos resultados da modelagem proposta (Carta de Instabilidade Potencial do Relevo), tendo como princípio metodológico norteador à correlação espacial da ocorrência dos diversos fenômenos, processos e depósitos correlativos frente aos níveis de instabilidade potencial encontrados para o modelado.

Neste caso, os processos morfodinâmicos e depósitos correlativos, ora registrados na área de estudo, foram integrados na presente análise em fase posterior a construção do referido modelo, ou seja, na avaliação de seus resultados auferidos.

## 9 DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DOS MÉTODOS DO MODELO

Posto e discutidos os referenciais teórico-empíricos julgados relevantes para a definição dos distintos níveis aos graus de importância para as variáveis geoambientais e suas classes apontadas no presente estudo, surge, de maneira imperiosa no âmbito da referida pesquisa, a necessidade de se tomar métodos e procedimentos técnico-operacionais adequados, em vista de se cumprir os objetivos específicos ora elencados.

Faz-se como exigência para um bom andamento da presente pesquisa a observação da distinção entre o método e técnica no bojo da pesquisa científica, visto que frequentemente tais termos são interpretados ou empregados de maneira equivocada como sinônimos.

Para Venturi (2005), esse embaraço terminológico surge quando não se há em mente uma distinção e delimitação clara das etapas a serem seguidas no decorrer da pesquisa.

No trecho abaixo destacado o referido autor explana de forma clara sobre a diferença entre um termo e outro.

“(...) o uso das técnicas possibilita obter dados sobre a realidade que embasarão os caminhos percorridos pelo método. Se o método, que dispõem de fundamentação teórica, auxilia o sujeito na organização de seu raciocínio, as técnicas, por sua vez, auxiliam-no na organização das informações que o subsidiarão” (p.15).

Todavia, podemos afirmar que os procedimentos técnico-operacionais consistem nos meios utilizados para se trabalhar o método estabelecido, ou seu conjunto (metodologia), na busca de alcançar os objetivos traçados para o estudo.

Como proposta organizacional das operações e procedimentos técnicos necessários para o andamento da pesquisa, aplicar-se-á as idéias desenvolvidas por Libaut

(1971) em relação à pesquisa geográfica, em específico no que condiz aos quatro níveis de tratamento de pesquisa dos quais consiste as atividades de: compilação, correlação, interpretação e normatização dos dados e informações inerentes aos fatores abarcados sintetizado no Quadro 9-1 disposto a seguir.

**Quadro 9-1: Sistematização dos Níveis de Tratamento da Pesquisa e Procedimentos a Serem Executados.**

| <b>Nível</b>        | <b>Características</b>  | <b>Procedimentos Executados</b>   | <b>Produtos Elaborados</b>   |
|---------------------|---|---|--|
| <i>Compilatório</i> | Corresponde a primeira fase da pesquisa que pode ser dividida em duas etapas, sendo a primeira, referente à obtenção dos dados, e a segunda a seleção destes. Nessa fase, a seleção das informações é a preocupação central, sendo assim fundamental o domínio do conhecimento teórico-conceitual para não se desprezar dados que possam ter grande significado.        | Coletadas e tratamento de dados e informações em gabinete por meio de levantamentos bibliográficos e cartográficos.<br><br>Coleta e tratamento de dados e informações em campanhas de campo na área de estudo.  | Modelo Digital de Elevação (MDE).<br><br>Cartas/planos de informação inerentes a: clinografia, feições mínimas, materiais de superfície, densidade de drenagem pluvial, uso e ocupação do solo, comprimento médio de rampas. |
| <i>Correlatório</i> | Consiste na tarefa dinâmica de correlação dos dados relevantes, tendo como objetivo, estabelecer uma interpretação mais apurada dos fatos. Este é um momento de aprimoramento da interpretação, embora ao fazer a compilação dos dados de certo modo já se esteja operacionalizando, de forma não explícita, a análise.   | Determinação dos níveis de importância de cada classe contida nas cartas/planos de informação para a problemática abarcada.<br><br>Correlações qualitativas entre as cartas/planos de informação em relação à problemática abordada, sendo estas, elaboradas com vista na obtenção dos pesos do modelo. | Quadro de importância relativa de cada classe contida nas cartas/planos de informação.<br><br>Conjunto de pesos para cada tema/fator empregados na análise da Instabilidade Potencial do Relevo.                             |
| <i>Semântico</i>    | Concerne à aplicação das correlações (pesos) estabelecidas no nível anterior através do conhecimento empírico sobre os fatos/fenômenos abordados. É nesse momento de interpretação que se estabelecem as generalizações possíveis e os dados puros deixam de ser simplesmente informação factual ou numérica e assumem caráter significativo em nível de interpretação. | Aplicação dos pesos inerentes ao modelo de Instabilidade Potencial do Relevo.   | Relatório/modelo provisório.   |
| <i>Normativo</i>    | Refere-se à fase em que o produto de pesquisa se transforma em modelo. Essa modelização pode ser representada através de cartogramas sínteses ou de gráficos que traduzem de forma mais simples e visual os produtos da pesquisa. É nesse momento que temos a apresentação de forma clara e objetiva dos resultados alcançados pela pesquisa.                           | Determinação e “fatiamento” do modelo em classes distintas de instabilidade potencial do relevo.<br><br>Interpretação dos resultados apresentados pela modelagem.   | Carta de Instabilidade Potencial do Relevo com suas respectivas classes.<br><br>Sugestões à mitigação e/ou correção dos problemas apontados pela leitura da Carta de Instabilidade Potencial do Relevo.                      |

Fonte: Libaut (1971).

Na Figura 9-1 expõem-se o esquema de investigação e roteiro técnico-operacional para construção da carta de instabilidade potencial do relevo em ambiente SIG. Este demonstra sinteticamente as definições e interconexões entre os níveis de tratamento elencados por Libaut (1971) e seus respectivos aspectos abordados e procedimentos realizados em cada etapa, e seus resultados finais.

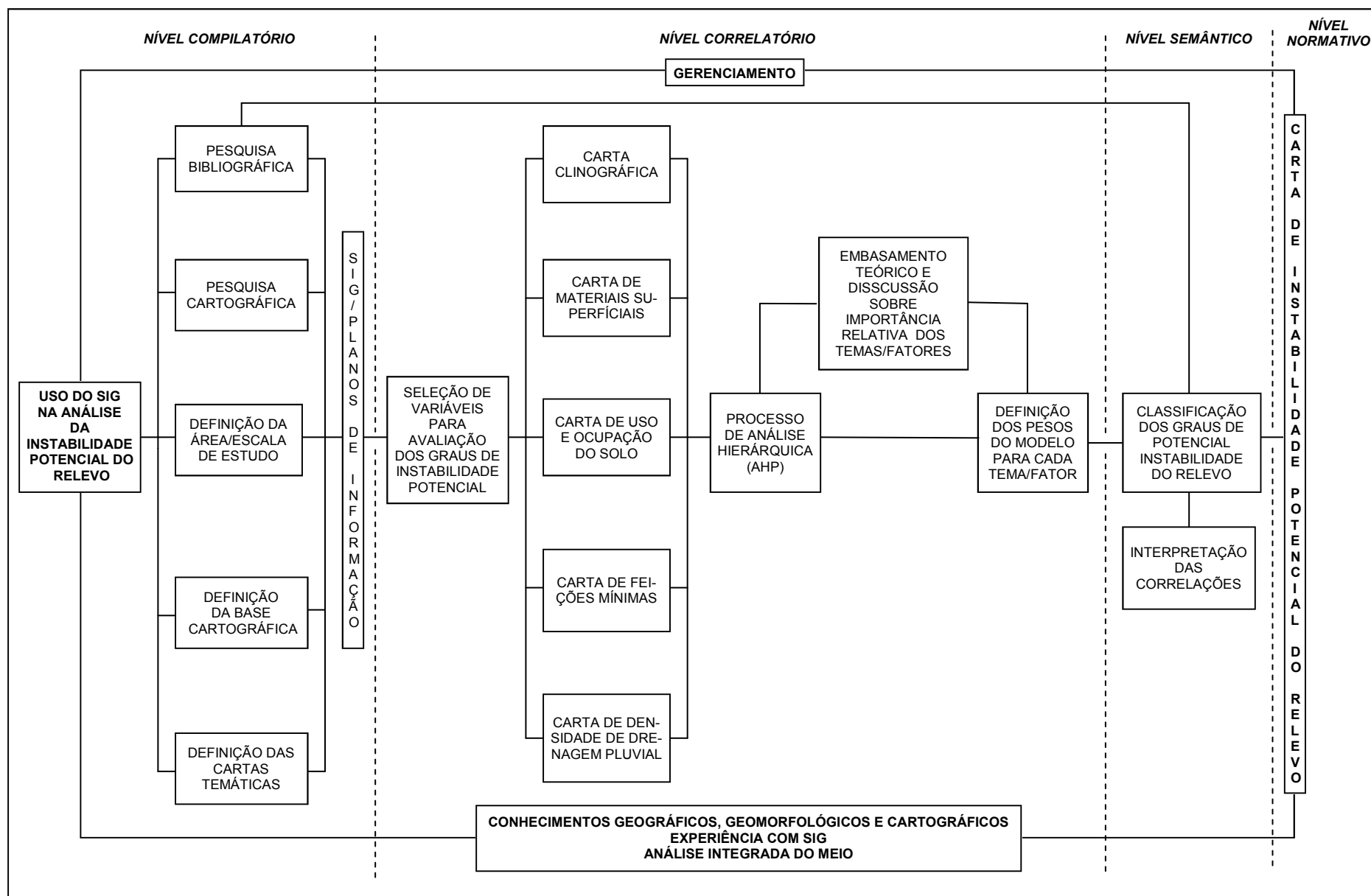


Figura 9-1: Esquema de investigação e roteiro técnico-operacional para construção da carta de instabilidade potencial do relevo em ambiente SIG.

Os procedimentos referentes às atividades técnicas de levantamento e preparação dos dados e informações necessárias para a elaboração dos cartas/planos de informações serão demonstrados e discutidos de maneira detalhada no próximo item.

## 9.1 LEVANTAMENTO DOS DADOS E PREPARAÇÃO DOS PLANOS DE INFORMAÇÃO

A efetivação dos procedimentos de levantamento, seleção e preparação dos dados e dos planos de informação considerados na presente metodologia, condiz ao primeiro nível ou estágio de desenvolvimento da pesquisa, sendo assim de extrema relevância para o bom andamento dos demais procedimentos da pesquisa.

Nessa fase a seleção das informações é a preocupação central, onde se faz fundamental o domínio do conhecimento teórico-conceitual para não se desprezar dados que possam ter grande significado.

Tomou-se como parte dos procedimentos técnicos e operacionais da presente pesquisa o uso de instrumentos e aplicativos computacionais adequados (SIG's) para aquisição dos dados e informações necessárias para a construção dos produtos cartográficos ou planos de informação inerentes ao modelo de instabilidade potencial do relevo.

A representação sintética de tais procedimentos encontra-se ilustrada na Figura 9.1-1.

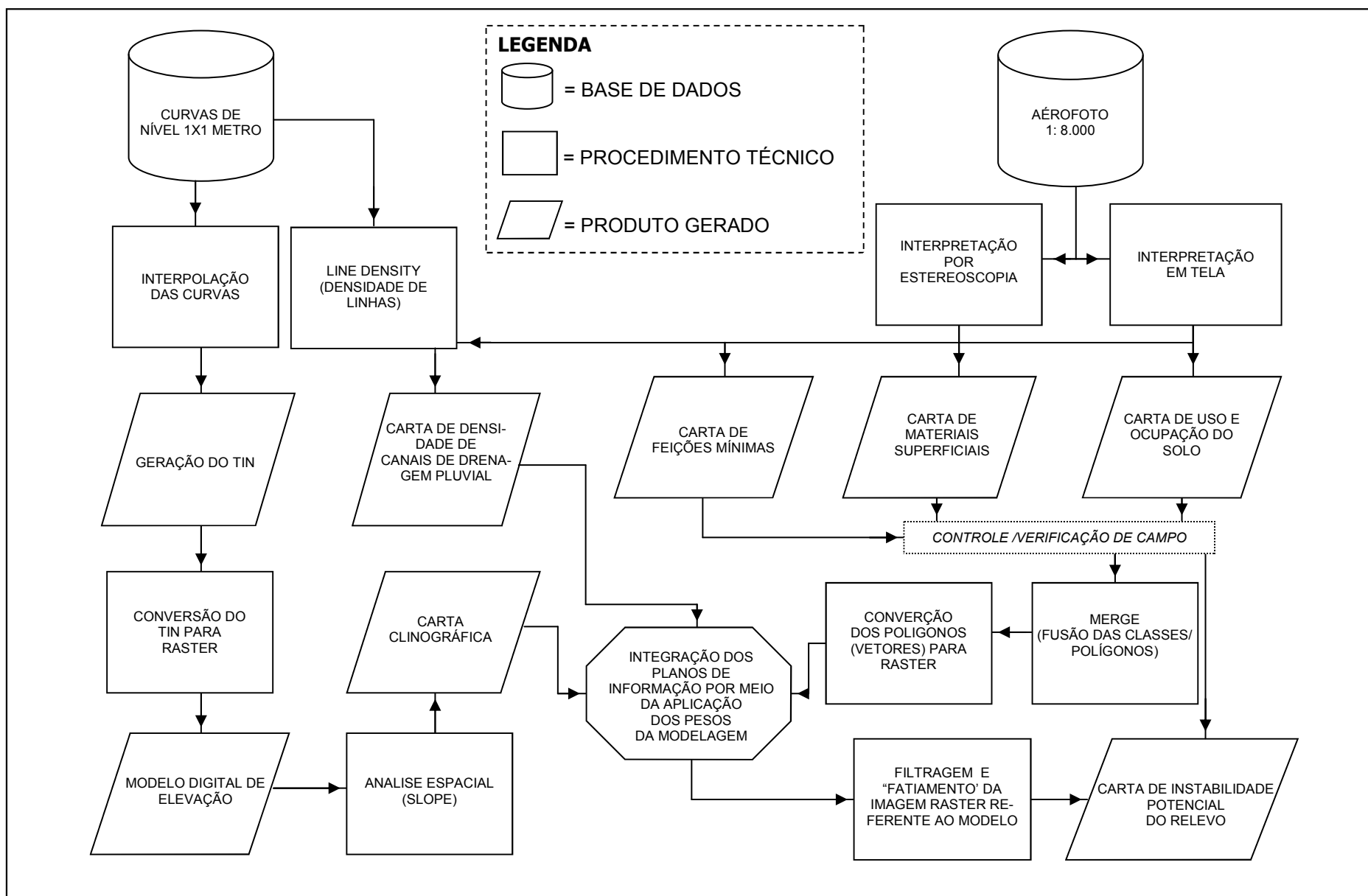


Figura 9.1-1: Fluxograma de atividades de coleta , tratamento, seleção, mapeamento, verificação e integração das informações com auxílio do ambiente SIG.



A partir da base de dados cedida pela Subsecretaria de Tecnologia da Informação (SUBTI, 2001) da Prefeitura Municipal de Vitória fora realizado em ambiente SIG (Sistemas de Informações Geográficas) tratamento das curvas de nível do terreno com eqüidistância de 1 metro, do qual fora gerado uma estrutura de grade triangular vetorial (*TIN-Triangular Irregular Network*) através do emprego de ferramenta de interpolação específica. Esta grade posteriormente foi convertida em uma imagem raster<sup>24</sup> referente ao Modelo Numérico do Terreno<sup>25</sup> (MNT), sendo deste extraído o tema referente à Clinometria (declividade) por meio do uso de ferramenta de análise espacial adequada.

As cartas de Materiais Superficiais e de Uso e Ocupação do Solo da área de estudo foram elaboradas e organizados através da interpretação estereoscópica (analógica) e em tela (digital-ambiente SIG) de pares aerofotogramétricos da área de estudo na escala 1:8.000 (um para oito mil), extraídos em 2001, devidamente georreferenciados disponibilizada pelo setor de Geoprocessamento da Prefeitura Municipal de Vitória. Após o mapeamento preliminar de tais aspectos da área de estudo, foram realizadas campanhas de campo para proceder à ratificação e/ou retificação das informações mapeadas em gabinete.

A carta de Feições Mínimas fora elaborada através do registro cartográfico das geometrias vertical e horizontal das encostas, nos quais foram realizadas a identificação e a marcação dos nove tipos de feições mínimas conforme as combinações definidas no item 8.4 (Morfologia da Paisagem). Para tal utilizou-se de ferramentas adequadas à edição manual (em tela) em ambiente SIG, sendo tal produto corroborado e/ou retificado por procedimentos de interpretação de fotos aéreas (estereoscopia) em conjunção a visitas de campos realizadas na área.

A mensuração da geometria vertical através de cartas topográficas se realizou pela leitura de pelo menos três curvas de nível adjacentes e, analogamente à percepção

---

24 A imagem raster ou matricial refere-se à representação gráfica do mundo real através de pixels (*pictures elements*) ou células, com formas poligonais regulares geralmente quadradas, que são definidas por suas posições em relação às colunas e linhas de uma malha (SILVA, 2003).

25 Concerne a grade matricial irregular contendo de valores de elevação do terreno extraídos comumente dos *TIN's* (NOGUEIRA, 2008).

do terreno, é indicada pela aproximação ou pelo afastamento das curvas de nível na orientação das vertentes conforme é demonstrado na Figura 9.1-2.

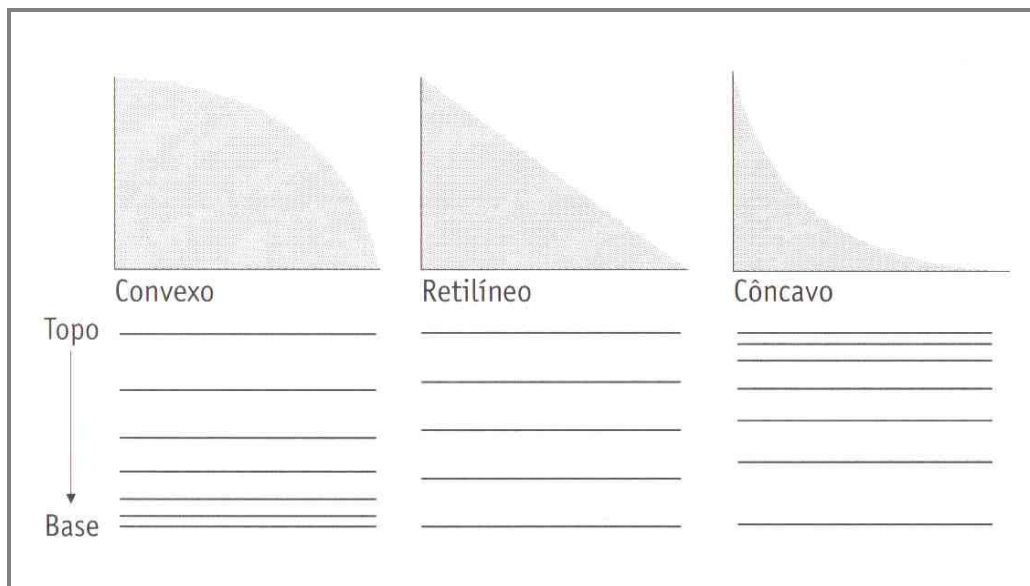


Figura 9.1-2: Expressão da geometria vertical em curvas de nível. Fonte: Valeriano (2008).

A obtenção da geometria vertical do terreno, quando não ocorre de modo visual, pode ser extraída com o auxílio da variação dos valores clinométricos enquanto se percorre a vertente em sua orientação (direção do desnível).

A extração da geometria horizontal é elaborada por meio da observação das direções clinométricas (denominadas de linhas de fluxo) adjacentes, conforme exemplificados na Figura 9.1-3 a seguir.

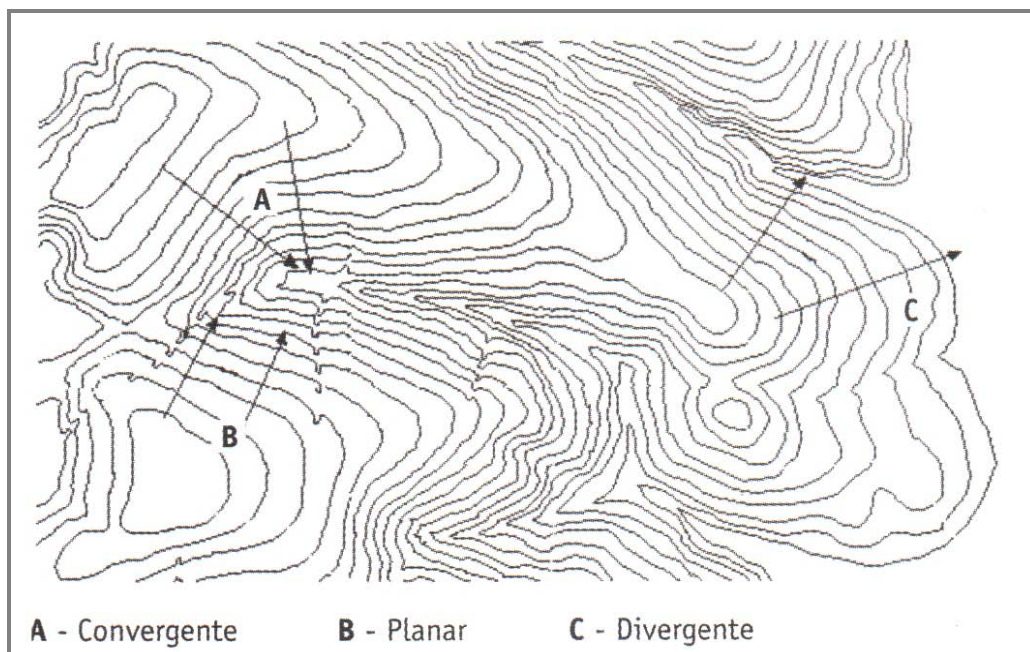


Figura 9.1-3: Expressão da geometria horizontal em curvas de nível e suas respectivas características do terreno. **A** – se refere à geometria côncava, concentradora de fluxos; **B** – concerne a geometria retilínea ou plana, tendo a função de neutralizar os domínios convergentes e divergentes de fluxos; e **C** – condiz a geometria horizontal convexa, ou seja, dispersora de fluxos. Fonte: Valeriano (2008).

As áreas em que essas linhas estão paralelas têm-se a geometria horizontal nula, o que se traduz na condição de terreno planar. Áreas que apresentam linhas de fluxo indicando convergência e divergência condiz a geometrias não-nulas, porém, com sinais opostos, ou seja, convergente (concavidade), ou divergente (convexidade).

A identificação e registro dos canais de drenagem pluvial, bem como de suas dimensões lineares, foram realizadas por meio da análise visual da geometria horizontal das curvas de nível do terreno através de ferramentas de edição condizentes a ambiente SIG. Adotou-se como procedimentos de controle/verificação dos dados extraídos a fotointerpretação de pares aerofogramétricos da área de estudo na escala 1:8.000 (um para oito mil) em conjunto a campanhas de campo.

Após extração da malha de canais de drenagem condizentes a área de estudo, fora utilizada ferramentas específicas de análise espacial a *Line Density* (Densidade de Linhas) para a elaboração da carta de densidade de drenagem pluvial.

Os dados e informações condizentes aos comprimentos médios de rampas foram levantados por meio da análise do Modelo Numérico do Terreno, do qual foram mensurados ao menos trinta segmentos de rampas para cada Subunidade Topomorfológica considerada.

Para a verificação e registro dos processos morfodinâmicos e depósitos correlativos, fora também utilizados os procedimentos de fotointerpretação de pares aerofotogramétricos da área de estudo na escala 1:8.000 (um para oito mil), em associação a visitas de campo, tendo estas à função de confirmar/retificar os resultados auferidos em gabinete.

Faz-se importante salientar que os dados e informações referentes ao comprimento médios das encostas e o registro dos processos morfodinâmicos e depósitos correlativos, serão integrados à análise da instabilidade potencial do relevo em momento posterior a extração dos resultados condizentes ao referido modelo.

Em função da grande relevância frente à proposição metodológica aqui empreendida, será discutido de modo detalhado nos itens a seguir o método AHP (*Analytical Hierarchy Process*), assim como o desenvolvimento de seus procedimentos técnico-operacionais necessários para a elaboração da Carta de Instabilidade Potencial do Relevo.

## 9.2 PROCESSO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA (AHP)

Na tarefa de dar vazão às demandas surgidas do processo de elaboração/construção da carta de instabilidade potencial do relevo - especificamente no que condiz a etapa de correlação proposta por Libaut (1971) - soma-se aos métodos explanados e discutidos até o presente momento o referencial teórico-metodológico denominado de Processo de Análise Hierárquica, ou Método AHP.

Nos dias atuais tem-se observado um aumento significativo do emprego da técnica de Estatística Multivariada denominada de Processo de Análise Hierárquica, conhecida em âmbito internacional como AHP - *Analytical Hierarchy Process*.

Esse método faz referência a uma ferramenta de auxílio à tomadas de decisão desenvolvida por Thomas L. Saaty (1980), tendo como objetivo reproduzir o raciocínio do homem em relação à comparação de elementos de um conjunto por meio da opinião humana, isto é, uma avaliação subjetiva sobre determinada questão ou problema.

No Processo de Análise Hierárquica o problema de decisão é compartimentado em níveis hierárquicos, corroborando contanto para a sua melhor compreensão e avaliação. Para tal, utiliza-se uma escala de importância na intenção de confrontar os elementos dois a dois, ou seja, par a par. Este processo de comparação se constrói por meio de uma ordenação dos itens em questão de acordo com o nível de importância dos mesmos, e dos seus respectivos atributos ou características.

Carvalho & Mingoti (2005) afirmam que a principal vantagem deste método consiste na possibilidade de: *"retratar a opinião de uma determinada pessoa (julgador/decisor) em relação a aspectos não quantificáveis e ainda comparar elementos que inicialmente seriam incomparáveis entre si"* (p.03).

Portanto, faz-se extremamente importante a etapa de estruturação do problema e construção da hierarquia, visto que é a partir destas atividades que será possível pôr em prática o processo de comparação entre os critérios estabelecidos e, conseguinte, propor alternativas para sua solução.

O método AHP possibilita atribuir pesos onde valores numéricos não podem ser obtidos diretamente, sendo, portanto, necessário fazer uso de uma matriz de comparação onde é avaliada a importância de uma característica sobre a outra, utilizando-se para isto uma escala adequada.

De acordo com Gomes *et al.* (2004), são elementos fundamentais do Método AHP:

- atributos e propriedades – um conjunto finito de alternativas é comparado em função de um conjunto finito de propriedades;
- correlação binária – ao serem comparados dois elementos baseados em uma determinada prioridade, realiza-se uma comparação binária, na qual um elemento pode ser preferível ou indiferente a outro;
- escala fundamental – a cada elemento associa-se um valor de prioridade sobre os outros elementos, que será lido em uma escala numérica de números positivos e reais; e,
- hierarquia – um conjunto de elementos ordenados por ordem de preferências e homogêneos níveis hierárquicos.

A comparação par a par das alternativas é realizada utilizando uma escala própria – Escala Fundamental - que varia de 1 a 9 conforme Quadro a seguir.

**Quadro 9.2-1: Escala Fundamental de Saaty.**

| Valor       | Grau de Importância                      | Níveis de Julgamento   |
|-------------|--|--|
| 1           | Igual importância                        | As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo.  |
| 3           | Importância pequena de uma sobre a outra | A experiência e o juízo favorecem uma atividade em relação à outra.                              |
| 5           | Importância grande ou essencial          | A experiência ou juízo favorece fortemente uma atividade em relação à outra.                     |
| 7           | Importância muito grande ou demonstrada  | Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra. Pode ser demonstrada na prática. |
| 9           | Importância absoluta                     | A evidência favorece uma atividade em relação à outra, com o mais alto grau de segurança.        |
| 2, 4, 6 e 8 | Valores intermediários                   | Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições.                             |

Fonte: Adaptado de Gomes *et al.* (2004).

Após a construção da hierarquia, elabora-se uma comparação, par a par, de cada elemento em um nível hierárquico dado, construindo assim uma matriz de decisão quadrada. Nessa matriz o tomador de decisão incluirá, a partir da escala pré-estabelecida (neste caso a Escala Fundamental proposta por Saaty), sua preferência ou nível de importância dentre os elementos ou fatores comparados,

tendo como enfoque o elemento do nível imediatamente superior, ou de maior importância.

Todavia, o estudo do processo utilizado pelo Método AHP pode ser dividido em duas etapas, sendo a primeira ligada à estruturação hierárquica do problema de decisão e a segunda condizente a modelagem do método propriamente dito.

Em relação a tal perspectiva, Gomes *et al.* (2004) tecem o seguinte comentário:

“O decisor, ou um grupo designado por ele, deverá efetuar a estruturação do problema em estudo, combinando os critérios segundo os diversos níveis hierárquicos necessários, para que se obtenham, enfim, uma representação do problema que seja mais fiel possível.” (p: 40).

Porém, tal estruturação deve ser realizada de forma cuidadosa, visto que os critérios utilizados para cada nível devem ser homogêneos e não-redundantes.

No que condiz a não redundância em uma alternativa, deve-se assumir a independência de certo nível em relação aos níveis inferiores, fato que a hierarquia comumente se comporta como expressão linear, isto é, uma estrutura que representa a dependência dos diversos níveis que a compõem de forma seqüencial.

A estrutura hierárquica, dentro do aspecto da tomada de decisão em cenários complexos, consiste no ponto principal do método de Análise Hierárquica proposto por Saaty (1980).

Comumente a hierarquia linear é a estrutura que melhor representa, em termos de simplicidade e funcionalidade, a dependência entre os níveis dos componentes de um sistema em relação a outro nível de maneira seqüencial (GOMES *et al.*, 2004). Trata-se de uma das formas mais adequadas para se decompor em passos ou estágios um problema complexo, buscando a explicação de causa e efeito, formando, assim, uma cadeia linear.

Contanto, o método AHP se incorpora ao bojo do referido estudo com a função de possibilitar a análise integrada das diversas características ambientais inerentes a Unidade Topomorfológica Tabuazeiro, em conjunção as formas de uso e ocupação do solo consolidadas na mesma.

Os procedimentos técnico-operacionais necessários para dar cabo à proposta acima aludida, bem como a discussão e definição da hierarquia e dos pesos para cada fator e subfator, serão tratados de forma mais específica nos próximos itens.

### 9.3 PROCEDIMENTOS MATEMÁTICO-ESTATÍSTICOS DO MÉTODO AHP

As atividades referentes à correlação das cartas ou planos de informação elaboradas e discutidas nos capítulos anteriores, bem como a determinação de seus respectivos pesos, consistem em tarefas complexas, porém, fundamentais para dar cabo ao desenvolvimento metodológico proposto no presente estudo.

Para tal, tomou-se como parte dos procedimentos operacionais o emprego de técnicas de cunho matemático-estatísticas condizentes ao Processo de Análise Hierárquica (AHP) desenvolvido por Saaty (1980). O emprego deste método na presente análise do relevo teve como objetivo a realização da integração das cartas temáticas condizentes a área de estudo por meio de ferramentas computacionais contidas em ambiente SIG.

Em relação ao uso de Sistemas de Informações Geográficas no desenvolvimento de análises integrativas, Meirelles *et al.* (2007) destaca que:

[...] “o principal propósito da maioria dos projetos que utilizam os Sistemas de Informações Geográficas, como ferramenta é a combinação de dados espaciais, advindos de diversas fontes, a fim de descrever e analisar as interações, fazer predições por meio de



modelos e propiciar o suporte necessário para a tomada de decisão” (p: 112).

Os modelos espaciais podem ser considerados como produtos resultantes da análise de dados e informações apreendidos por diversos processos ou mecanismos de observação da realidade. Esses modelos consistem em formas simplificadas de representação da realidade comumente utilizados no intuito de se reproduzir alguns fenômenos do mundo real, com o objetivo de realizar simulações e extrair novas informações que podem ser empregadas no processo de tomada decisão (MEIRELLES *et al.*, 2007).

Portanto, dentro de uma perspectiva mais ampla, podemos considerar a modelagem espacial em ambiente SIG como um processo de construção de novas informações através da conjunção de informações previamente existentes, inferindo uma função (modelagem) pré-estabelecida.

A concepção do modelo de Instabilidade Potencial do Relevo é representada pela seguinte função lógica:

$$\text{Informação de saída} = f(\text{info1}, \text{info2}, \dots).$$

Nesta, a referida análise é considerada como uma função direta de  $f$  sobre os planos de informação ou dados considerados (cartas temáticas).

Meirelles *et al.* (2007) faz a seguinte consideração a respeito das limitações inerentes à escolha dos fatores a serem relacionados, expresso da seguinte maneira:

“[...] os relacionamentos expressos por  $f$  são baseados em um entendimento teórico dos processos físicos, químico, antrópico, etc., ou são empíricos, ou seja, baseados na observação de dados. O sucesso da representação da realidade através de um modelo

dependente da escolha da melhor função  $f$  capaz de representar o mais fielmente possível o mundo real.” (p. 113).

O emprego de SIG's objetivando mapear potencialidades, por exemplo, permitem que se estabeleçam pesos para cada mapa do modelo por meio de ferramentas estatísticas, onde estas são capazes de estimar os relacionamentos espaciais entre os mapas de entrada (predileção) e os mapas de saída. Quando não é conhecida a área ou região, ou quando se objetiva uma maior aproximação com a realidade já conhecida, os pesos podem também ser estimados através da opinião de especialistas em associação a consultas de diversos materiais bibliográficos de referência ao tema abordado.

Com relação à aplicação da proposta metodológica no presente estudo, é adotado para a execução da Carta de Instabilidade Potencial do Relevo os preceitos teóricos e técnico-operacionais condizentes aos modelos baseados na sobreposição flexível por pesos de mapas com múltiplas classes.

Nesse caso, a cada classe dos mapas de entrada são atribuídos valores ou notas distintas, assim como a cada mapa, de acordo com a sua importância no fenômeno estudado, é atribuído um valor ou peso através da obtenção de médias ponderadas para cada fator ou tema. A média ponderada dos temas é obtida pela seguinte fórmula:

$$S = \sum N_{ij} P_i / \sum P_i$$

Onde  $S$  é o valor obtido para um objeto espacial, que pode ser um polígono (forma geométrica formada por diversas linhas) ou píxel (*picture element*);  $P_i$  o peso fornecido ao  $i$ -enésimo mapa de entrada; e  $N_{ij}$  a nota fornecida para classe  $j$ -enésima do mapa  $i$ .

Tal procedimento visa tornar a análise mais flexível do ponto de vista da atribuição de pesos fixos para cada tema ou mapa.

O tipo de modelagem aqui empreendida possui grande vantagem, por exemplo, em relação à proposta de análise *booleana*, que tem como cerne a definição de que todas as propriedades devem ser consideradas como críticas dentro de um conjunto de pertinência, com valores binários 1 (verdadeiro) ou 0 (falso). Nesse caso, a vantagem é caracterizada pela simplicidade e aplicabilidade em questões onde não se faz necessário obter como resposta a flexibilidade.

Meirelles *et al.* (2007) destacam as vantagens da escolha de se trabalhar com aplicação de pesos para cada tema do modelo em detrimento das simplificações inerentes às operações *booleanas*, como atesta o comentário a seguir:

“Diferentemente do uso *booleano*, que assume que todas as propriedades devem ser consideradas críticas (0 ou 1), a utilização de média ponderada (pesos) permite que as faltas de algumas propriedades sejam compensadas pelo excesso de outras. No final, os erros de classificação dos dados originais terão um efeito menor do que quando o valor de um atributo em uma dada localização qualquer não satisfazer aos requisitos de uma determinada classe” (p: 117).

A determinação dos pesos referentes a cada mapa ou tema considerado para a elaboração da carta de instabilidade potencial do relevo, é feita pelo uso do Processo de Análise Hierárquica (AHP) desenvolvido por Saaty (1980), especificamente no que condiz a comparação par a par de cada fator adotado.

O processo de manipulação de dados em um SIG pode ser interpretado como uma forma de produzir diferentes hipóteses ou cenários sobre certo tema de estudo. Porém, sabemos que na complexidade do mundo real há uma grande gama de fatores envolvidos num único cenário, ocasionando dificuldades na verificação da contribuição de cada fator para o desenvolvimento da problemática estudada.

O método AHP propõe uma solução para lidar com tal dificuldade, aplicando uma lógica de comparação entre os elementos ou fatores no objetivo de se encontrar o valor de membro funcional de uma escala de razões.

Tal lógica se funda na comparação par a par de  $n$  fatores ou elementos por meio da elaboração de uma matriz  $A = (a_{ij})$  onde seus coeficientes apontam uma estimativa da magnitude inerente aos fatores  $x_i$ , indicado pelos  $w_i$  em relação a uma dada propriedade  $P$ .

$$A = \begin{pmatrix} W_1/W_1 & W_1/W_2 & \dots & W_1/W_n \\ W_2/W_1 & W_2/W_2 & \dots & W_2/W_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ W_n/W_1 & W_n/W_2 & \dots & W_n/W_n \end{pmatrix}$$

Desta forma, “uma matriz de razões é formada com os coeficientes  $a_{ij} = W_i / W_j$ . A matriz  $A$  é recíproca ( $a_{ij} = (1/ a_{ji})$ ) e todas as entradas da diagonal são unitárias  $a_{ii}=1$ .” (MEIRELLES *et. al.*, 2007, p.182).

De acordo com autor acima citado, as magnitudes  $w_i$  ( $i=1, \dots, n$ ) são assumidas como conhecidas (i.e.,  $\mu_s(x_i)=w_i$ ). Entretanto, caso elas não sejam conhecidas, é possível recuperar seu vetor (coluna):  $[w_1, w_2, \dots, w_n]$  por meio da solução da equação característica (a multiplicação de  $A$  por  $w$  é definida como proporcional ao  $w$  com o fator escalar  $n$ ):

$$A.w = n.w$$

Como a matriz  $A$  apresenta *rank* unitário (na matriz  $A$  apenas uma das linhas é independente, as demais são constantes múltiplas da primeira linha), todos os valores característicos (autovalores)  $\lambda_i$  ( $i=1, \dots, n$ ) são zero, exceto um  $\lambda_i$ , o qual Saaty (1980) denomina como  $\lambda_{\max} \neq \lambda_i = 0$ .

Substituindo-se  $n$  por  $\lambda_{\max}$  na Equação ( $A.w = n.w$ ) obtém-se:

$$A.w = \lambda_{\max} . w$$

O cálculo do autovetor  $w_{\max}$  consiste no primeiro procedimento em busca da resolução da equação característica. O desenvolvimento abaixo demonstra as

operações necessárias para o isolamento do termo da equação, do qual o determinante é igualado a zero. Isto é possível uma vez que é assumido um  $\mathbf{w} \neq 0$ .

$$\mathbf{A} \cdot \mathbf{w} = \lambda_{\max} \cdot \mathbf{w}$$

$$[\mathbf{A} - \lambda_{\max} \mathbf{I}] \cdot \mathbf{w} = 0$$

$$\det [\mathbf{A} - \lambda_{\max} \mathbf{I}] = 0 \quad \mathbf{w} \neq 0$$

O passo seguinte consiste na substituição do autovalor,  $\lambda_{\max}$ , na Equação  $[\mathbf{A} - \lambda_{\max} \mathbf{I}] \cdot \mathbf{w} = 0$ .

O vetor característico (autovetor)  $\mathbf{w}$  será extraído através da solução das equações resultantes da Equação  $[\mathbf{A} - \lambda_{\max} \mathbf{I}] \cdot \mathbf{w} = 0$ , onde o resultado único é definido através da normalização de  $\mathbf{w}$  (cada posição de  $w_i$  deve ser dividida pelo somatório de  $\sum w_i$ , para  $i=1, \dots, n$ ). A escala é limitada entre  $[0,1]$  e é recuperada da matriz das razões  $\mathbf{A}$ . Desta forma, a grade de co-relacionamento dos elementos  $x_i$  de um conjunto  $S$  em um espaço de propriedade  $M=[0, \dots, 1]$  é definida por  $w_i: 0 \leq \mu_s(x_i) = w_i \leq 1$  (BANAI, 1993, *apud* MEIRELLES, *et al.*, 2007).

Quando o vetor dos pesos,  $\mathbf{w}$ , não é conhecido, pode-se estimá-lo por meio da matriz de comparação dois a dois,  $\mathbf{A}$ , sendo os coeficientes da matriz estimativas dos pesos relativos. Considerando as estimativas dos atuais,  $\mathbf{A}$ ,  $\mathbf{w}$ , e n por  $\mathbf{A}'$ ,  $\mathbf{w}'$ , e  $\lambda_{\max}$ , respectivamente, a equação característica resultante é expressa por:

$$\mathbf{A}' \cdot \mathbf{w}' = \lambda_{\max} \cdot \mathbf{w}'$$

Nos casos onde  $\mathbf{w}$  é conhecido, a condição de consistência  $a_{ij} \cdot a_{jk} = a_{ik}$  é válida para a matriz  $\mathbf{A}$ . Entretanto, esta condição de consistência pode não ser válida em situações onde a matriz foi estimada,  $\mathbf{A}'$ ; i.e,  $a_{ij} \cdot a_{jk} \neq a_{ik}$ . Uma pequena perturbação nos valores característicos de  $\mathbf{A}$  implica um pequeno desvio dos valores característicos (autovalores), o que geralmente resulta em  $\lambda_{\max} > n$ . Uma boa estimativa dos coeficientes de  $\mathbf{A}'$  implica um  $\lambda_{\max}$  mais próximo de  $n$ , o que resultaria em uma solução onde o  $\mathbf{w}'$  é o mais próximo de  $\mathbf{w}$ . Esse desvio de consistência é medido pelo índice de consistência (“*Consistence Index*” – CI) por meio da seguinte equação:

$$CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$$

O índice CI é comparado com sua média (Índice de Consistência Randômico ou “*Randomic Consistence Index*” – RI), a qual é derivada a partir de uma amostra de 500 matrizes recíprocas geradas de forma randômica, e que apresenta as mesmas dimensões de **A**. O índice de Consistência Randômico (RI) utiliza uma escala de 9 pontos mais os valores recíprocos 1/9, 1/7,..., 1. Este é dado pelo tamanho da matriz ou o número de fatores  $n$ , na matriz de comparação (BANAI, 1993, *apud* MEIRELLES, *et al.*, 2007).

A comparação dos dois valores via razão de consistência ( $CR = CI/RI$ ) indica que a razão estimada pela matriz **A'** é a mais próxima de ser logicamente consistente, ou de modo contrário, a mais próxima de ser aleatória. Saaty (1980) sugere um limite de CR igual a 10% como uma medida de boa consistência. A melhoria da consistência em situações onde o índice CR excede 0,10 envolve a revisão das razões estimadas na matriz **A'**.

Quanto ao cálculo do autovetor  $\lambda_{\max}$  este pode ser adquirido pela equação:

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [Aw] / w_i$$

Onde: [Aw] é a matriz resultante do produto de comparação pareada pela matriz dos pesos a serem calculados ( $W_i$ ).

É desenvolvida nos próximos itens a aplicação prática dos preceitos e condições matemático-estatísticos acima destacados, objetivando assim a extração dos pesos do modelo.

## 9.4 EXTRAÇÃO DOS PESOS DO MODELO

O processo de extração dos pesos referentes aos planos de informações contidos no modelo de Instabilidade Potencial do Relevo, teve como ferramenta operacional o emprego do método AHP desenvolvido por Saaty (1980). Este consiste numa ferramenta de análise multicritério que possibilita diversas melhoras quanto às aplicações desenvolvidas em ambiente SIG.

Tal processo condiz à tarefa dinâmica de correlação dos dados relevantes, tendo como objetivo estabelecer uma interpretação mais apurada dos fatos (nível semântico). Este é um momento de aprimoramento da interpretação tendo como referencial teórico-prático o conhecimento empírico sobre os fatos/fenômenos abordados.

A possibilidade de expressar uma problemática complexa através da análise dos fatores e da caracterização das classes de um conjunto sistêmico consiste na principal vantagem desse método.

Ao término das discussões e considerações teórico-empíricas desenvolvidas no capítulo seis do presente estudo, foi adotado para cada tema/carta e inserido na presente proposta de modelo, valores inteiros ou fracionários de comparação e de importância mútua. Estes valores variaram entre 1/9 e 9, conforme a escala AHP de comparação par a par de Saaty (adaptada) apresentada no Quadro 9.4-1 a seguir.

**Quadro 9.4-1: Escala AHP de Comparação Par a Par.**

| Valores de comparação | Importância mútua                     |
|-----------------------|---------------------------------------|
| 1/9                   | Extremamente menos importante que     |
| 1/7                   | Muito Fortemente menos importante que |
| 1/5                   | Fortemente menos importante que       |
| 1/3                   | Moderadamente menos importante que    |
| 1                     | Igualmente importante que             |
| 3                     | Moderadamente mais importante que     |
| 5                     | Fortemente mais importante que        |
| 7                     | Muito fortemente mais importante que  |
| 9                     | Extremamente mais importante que      |

Fonte: Adaptado de Saaty (1980), *Apud* Rosot (2000).

A adoção da lógica da comparação par a par no estudo da instabilidade potencial do relevo tem como objetivo extrair uma medida relativa do mérito, diante da existência de incertezas em relação aos critérios de determinação dos padrões de processos de inferência espacial para cenários complexos, como é o caso da área de estudo. Esta lógica resulta na proposição de uma síntese de recomposição através da agregação dos valores dos elementos em um método de avaliação.

A comparação par a par da presente proposta metodológica fora elaborada a partir dos questionamentos da importância relativa entre os temas/fatores, tendo como viés orientador o seguinte tipo de questionamento: ***“em que grau (importância mútua) a clinometria do terreno é mais importante do que a densidade de drenagem pluvial para a instabilidade potencial do relevo?”***.

Tal procedimento fora repetido para todos os fatores/temas envolvidos seguindo-se a ordem de comparação onde cada tema/fator alocado nas linhas fora confrontando com cada tema/fator contidos nas colunas, sendo suas relações expostas na Tabela 9.4-1 a seguir.



**Tabela 9.4-1: Matriz de Comparação Pareada dos Valores de Importância Mútua entre Temas/Fatores do Modelo.**

| TEMAS/FATORES                      | Densidade de Drenagem Pluvial | Feições Mínimas | Uso do Solo | Materiais Superficiais | Clinometria |
|------------------------------------|-------------------------------|-----------------|-------------|------------------------|-------------|
| Densidade de Drenagem Pluvial      | 1                             | 1/3             | 1/3         | 1/3                    | 1/5         |
| Feições Mínimas                    | 3                             | 1               | 1/3         | 1/3                    | 1/3         |
| Uso do Solo                        | 3                             | 3               | 1           | 1/3                    | 1/3         |
| Materiais Superficiais             | 3                             | 3               | 3           | 1                      | 1/3         |
| Clinometria                        | 5                             | 3               | 3           | 3                      | 1           |
| <b>Soma da Importância pareada</b> | <b>15</b>                     | <b>10,33</b>    | <b>7,66</b> | <b>4,99</b>            | <b>2,19</b> |

A configuração da tabela acima reflete os seguintes valores de julgamento para os temas/fatores inerentes ao modelado:

- a densidade de drenagem pluvial é fortemente menos importante (1/5) do que a clinometria e moderadamente menos importante (1/3) em relação aos demais temas;
- as feições mínimas são moderadamente mais importante (3) do que a densidade de drenagem pluvial e moderadamente menos importante do que os demais temas;
- o uso do solo é moderadamente mais importante do que a densidade de drenagem pluvial e feições mínimas e moderadamente menos importante do que os demais fatores;
- os materiais superficiais são moderadamente menos importante do que clinometria e moderadamente mais importante em relação ao demais temas;

- a clinometria é fortemente mais importante (5) do que a densidade de drenagem pluvial e moderadamente mais importante do que os demais fatores.

O valor condizente a 1 (um) corresponde na matriz de comparação igualdade de importância entre os fatores.

Através do procedimento de comparação acima explicitado, obtiveram-se os valores de importância dos fatores para o modelo, assim como a soma da importância pareada dos mesmos, atributos estes fundamentais para a extração dos pesos. Estes foram extraídos da média aritmética ponderada ( $\sum_{ij} N_{ij} P_i / \sum P_i$ ) da razão entre o valor de importância pareada de cada fator e a soma de sua importância, conforme se demonstra na Tabela 9.4-2 a seguir.

Tabela 9.4-2: Determinação de Pesos Estatísticos do Modelo.

| FATORES                       | Densidade de Drenagem Pluvial | Feições Mínimas       | Uso do Solo           | Materiais Superficiais | Clinometria          | Pesos         |
|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|---------------|
| Densidade de Drenagem Pluvial | $1/15 = 0,0666$               | $0,33/10,33 = 0,0319$ | $0,33 / 7,66 = 0,043$ | $0,33/4,99 = 0,0661$   | $0,22/2,19 = 0,1004$ | <b>0,0616</b> |
| Feições Mínimas               | $3/15 = 0,2$                  | $1/10,33 = 0,0968$    | $0,33/7,66 = 0,043$   | $0,33/4,99 = 0,0661$   | $0,33/2,19 = 0,1506$ | <b>0,1113</b> |
| Uso do Solo                   | $3/15 = 0,2$                  | $3/10,33 = 0,2904$    | $1/7,66 = 0,1305$     | $0,33/4,99 = 0,0661$   | $0,33/2,19 = 0,1506$ | <b>0,1675</b> |
| Materiais Superficiais        | $3/15 = 0,2$                  | $3/10,33 = 0,2904$    | $3/7,66 = 0,3916$     | $1/4,99 = 0,2004$      | $0,33/2,19 = 0,1506$ | <b>0,2466</b> |
| Clinometria                   | $5/15 = 0,3333$               | $3/10,33 = 0,2904$    | $3/7,66 = 0,3916$     | $3/4,99 = 0,6012$      | $1/2,19 = 0,4566$    | <b>0,4146</b> |

Após extração dos pesos de cada fator, faz-se necessário a avaliação de sua aceitabilidade ou lógica de consistência. Assim, passa-se para o estágio onde se aplica aos resultados o cálculo da razão de consistências (RC), que, de acordo com Saaty (1980), deverá apresentar valor menor que 0,10 por meio da seguinte equação:

$$RC = IC/IR$$

Onde:

RC = razão de consistência;

IC = índice de consistência;

IR = índice aleatório.

O índice aleatório ou randômico (IR) é extraído da tabela de valores para matrizes quadradas de ordem *n* estabelecida pelo Laboratório Nacional de *Oak Ridge*, EUA *apud* Saaty (1980) (Tabela 9.4-3), conforme número de cartas temáticas considerados na modelagem.

**Tabela 9.4-3: Valores de IR (Índice Randômico) para Matrizes Quadradas de Ordem *n*, Segundo o Laboratório Nacional de *Oak Ridge*, EUA.**

| <b>n</b>  | 1   | 2   | 3    | 4   | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    |
|-----------|-----|-----|------|-----|------|------|------|------|------|
| <b>RI</b> | 0,0 | 0,0 | 0,58 | 0,9 | 1,12 | 1,24 | 1,32 | 1,41 | 1,45 |

Fonte: Saaty (1980).

Quanto ao índice de consistência (IC), este pode ser encontrado através da seguinte equação:

$$IC = (\lambda_{\max} - n)/(n-1)$$

Onde:

$n$  = número de variáveis testadas que correspondem ao número de colunas ou linhas;

$\lambda_{\max}$  = autovetor, calculado pela equação abaixo:

$$\lambda_{\max} = 1/n \sum_{i=1}^n [Aw]/w_i$$

Onde: [Aw] = matriz resultante do produto de comparação pareada pela matriz dos pesos calculados ( $w_i$ );

$w_i$ : pesos calculados.

Para a obtenção do autovetor faz-se antes necessário a aquisição dos valores referentes ao Aw. Estes são derivativos do produto da matriz de comparação par a par pela matriz dos pesos calculados, sendo seus procedimentos e resultados explanados na tabela abaixo.

**Tabela 9.4-4: Determinação dos Valores de Aw.**

|             | Densidade<br>de<br>Drenagem<br>Pluvial | Feições<br>Mínimas | Uso do<br>Solo | Materiais<br>Superficiais | Clinometria | Pesos    |
|-------------|--|--------------------|----------------|---------------------------|-------------|----------|
|             | 1                                      | 1/3                | 1/3            | 1/3                       | 1/5         | 0,0616   |
|             | 3                                      | 1                  | 1/3            | 1/3                       | 1/3         | 0,1113   |
| <b>Aw =</b> | 3                                      | 3                  | 1              | 1/3                       | 1/3         | X 0,1675 |
|             | 3                                      | 3                  | 3              | 1                         | 1/3         | 0,2466   |
|             | 5                                      | 3                  | 3              | 3                         | 1           | 0,4146   |

Assim:

$$Aw1 = (1 \times 0,0616 + 1/3 \times 0,1113 + 1/3 \times 0,1675 + 1/3 \times 0,2466 + 1/5 \times 0,4146) = 0,3196$$

$$Aw2 = (...) = 0,5272$$

$$Aw3 = (...) = 0,8802$$

$$Aw4 = (...) = 1,4060$$

$$Aw5 = (...) = 2,2988$$

Consequente a aquisição dos valores de Aw para o modelo, opera-se o cálculo do autovetor ( $\lambda_{\max}$ ) aplicando os respectivos resultados à fórmula mencionada anteriormente.

Assim:

$$\lambda_{\max} = 1/5 \times$$

$$(0,3196/0,0616 + 0,5272/0,1113 + 0,8802/0,1675 + 1,4060/0,2466 + 2,2988/0,4146) \therefore$$

$$\lambda_{\max} = 5,2856$$

Após cálculo do autovetor, pode-se extrair o índice de consistência (IC)

$$IC = (\lambda_{\max} - n)/(n-1) \therefore$$

$$IC = (5,2856 - 5)/(5-1) \therefore$$

$$IC = 0,0714$$

Por fim, com o valor do IC e do Índice Aleatório (IR) em mãos (que é 1,12 em função dos cinco temas), realizou-se a extração da Razão de Consistência (RC):

$$RC = IC/IR$$

$$RC = 0,0714/1,12 \therefore$$

$$RC = 0,06375 < 0,10$$

Ou seja, a razão de consistência encontrada se enquadra perfeitamente nos preceitos apontados por Saaty (1980), visto que seu valor (0,06375) é menor do que

0,10, o que indica a consistência estatística da matriz de comparação construída para o modelo de instabilidade potencial do relevo.

Ao findar os procedimentos de extração dos pesos do modelo, partiu-se para etapa de determinação do grau de importância de cada classe contida nos temas/cartas constituintes do modelo proposto frente à instabilidade potencial do relevo.


## 9.5 DETERMINAÇÃO DO GRAU DE IMPORTÂNCIA DAS CLASSES TEMÁTICAS

O procedimento de extração dos graus de importância de cada classe contidas nos temas/cartas constituintes da proposta de modelagem, também se funda nas discussões teórico-empíricas desenvolvidas no *caput* 8.

A aplicação de tal procedimento faz-se relevante na construção e análise do modelo de instabilidade potencial do relevo, visto que possibilita a inter-relação entre peso dado ao tema/carta com suas respectivas classes (flexibilização), isto é, frente à importância/relevância relativa de cada classe em relação ao tema e, conseqüentemente, ao fenômeno em julgamento (a instabilidade potencial do relevo). Essa operação proporciona um refinamento dos resultados alcançados pela aplicação do algoritmo (função matemática que representa o modelo) desenvolvido, isto é, um cenário mais condizente com a realidade complexa do objeto em estudo.

Para a efetivação do procedimento de comparação dos graus de importância entre as classes para cada tema – procedimento fundamental para instrumentalizar a flexibilização do modelo de instabilidade potencial do relevo – adotou-se valores inteiros compreendidos entre 1 e 10, seguindo os preceitos contidos no Quadro a seguir.

**Quadro 9.5-1: Determinação do Grau de Importância/Nota de Cada Classe para o Modelo.**

| Contribuição Para a Instabilidade<br>Potencial do Relevo | Nota de Importância<br>de Cada Classe | Grau de Potencialidade   |
|--|---------------------------------------|--|
| Menor  | 1                                     |  Diminui<br><br>Aumenta |
| Maior  | 10                                    |  |

Fonte: Adaptado de Rosot (2000).

Portanto, cada plano de informação ou mapa inerente à modelagem proposta, foi associado a uma lista das notas de cada classe.

Este procedimento se demonstrou relevante no desenvolvimento da presente modelagem, pois as tabelas de atributos de cada tema podem ser alteradas sem necessidade de se modificarem os procedimentos ora estabelecidos. Isto possibilita tratar a modelagem com maior flexibilidade em comparação às operações desenvolvidas sob a lógica *booleana* (Sim ou Não).

Apresenta-se de forma expedita na Tabela 9.5-1, a seguir, a relação de cartas/planos de informações empregado na presente modelagem, bem como suas respectivas classes e notas de importância atribuídas.

**Tabela 9.5-1: Determinação da Importância/Nota de Cada Classe para o Modelo.**

| Intervalo Clinográfico (%)    | Notas Atribuídas |
|-------------------------------|------------------|
| > 70                          | 8                |
| 58 – 70                       | 10               |
| 45 – 58                       | 9                |
| 30 – 45                       | 8                |
| 15 – 30                       | 7                |
| 0 -15                         | 2                |
| Materiais Superficiais        | Notas Atribuídas |
| Cambissolo Distrófico         | 10               |
| Neossolo Litólico Distróficos | 8                |

Continua...



|   |                               |
|---|-------------------------------|
| Neossolo Flúvico Distrófico                                 | 6                             |
| Campos de Blocos associados à Cambissolos Distróficos       | 7                             |
| Caos de Blocos associados à Neossolos Litólicos Distróficos | 5                             |
| Granitos  | 3                             |
| Granodioritos   | 2                             |
| <b>Uso e Ocupação do Solo</b>                               | <b>Notas Atribuídas</b>       |
| Solo Exposto  | 10                            |
| Edificações e Vias de Circulação                            | 7                             |
| Rocha Exposta   | 6                             |
| Pasto   | 5                             |
| Macega  | 4                             |
| Vegetação em Estágio Inicial de Regeneração                 | 3                             |
| Vegetação em Estágio Médio de Regeneração                   | 2                             |
| Vegetação em Estágio Avançado de Regeneração                | 1                             |
| <b>Feições Mínimas</b>                                      | <b>Notas Atribuídas</b>       |
| <b>Tipologias de Formas</b>                                 | <b>Fluxo Resultante</b>       |
| Policonvexa   | Hiperdispersão                |
| Convexo-Retilínea   | Mesodispersão longitudinal    |
| Convexo-Côncava   | Hipodispersão                 |
| Retilíneo-Convexa   | Mesodispersão radial          |
| Retilínea   | Transição                     |
| Retilíneo-Côncava   | Mesoconcentração radial       |
| Côncavo-Convexa   | Hipoconcentração              |
| Côncavo-Retilínea   | Mesoconcentração longitudinal |
| Policôncava   | Hiperconcentração             |
| <b>Densidade de Drenagem Pluvial (m/Km²)</b>                | <b>Notas Atribuídas</b>       |
| > 40  | 10                            |
| 30 – 40   | 8                             |
| 30 – 20   | 6                             |
| 20 – 10   | 4                             |
| < 10  | 2                             |

Tais notas das classes foram alocadas na tabela de atributos de seus respectivos mapas através da operação por ferramentas específica em ambiente SIG.

## 9.6 APLICAÇÃO DOS PESOS DO MODELO E EXTRAÇÃO DAS CLASSES DE INSTABILIDADE POTENCIAL

Após verificação da razão de consistência da matriz quadrática de valores e da inclusão das notas de importância para cada classe dos temas contidos na presente modelagem, passa-se para o momento onde os dados puros deixam de ser simplesmente informação factual ou numérica e assumem carácter significativo em nível de interpretação.

A aplicação dos pesos extraídos para a Carta de Instabilidade Potencial do Relevo (CIPRE) se deu por meio do seguinte algoritmo linear:

$$CIPRE: 0,4146 * [Clinometria] + 0,2466 * [Materiais Superficiais] + 0,1675 * [Uso do Solo] + 0,1113 * [Feições Mínimas] + 0,0616 * [Densidade de Drenagem Pluvial]$$

O Algoritmo fora calculado em ambiente SIG, tomando-se a calculadora raster (*Raster Calculator*) como ferramenta operacional. O seu resultado consiste num plano de dados matriciais ou imagem raster, onde cada píxel contém um atributo ou valor de instabilidade do meio.

Posteriormente, foi executado o procedimento de “filtragem baixa” (*Filter Low*) dos resultados do modelo através da aplicação de ferramenta específica para tal. O procedimento de Filtragem realiza o cálculo de novos valores z (atributo do pixel) centrando o filtro de 3 x 3 (pixels), especificado em cada célula raster de entrada. Como o filtro é passado sobre cada célula, ao píxel centro é atribuído à soma dos produtos do valor da célula de operação correspondente ao filtro 3 x 3.

Tal procedimento tem como objetivo melhorar a visualização e apresentação dos resultados alcançados por meio de procedimento de suavização de pixels e remoção de pequenas distorções na modelagem, preparando, assim, a matriz, ou imagem raster, para sua reclassificação em níveis de instabilidade potencial determinados.

O processo de “fatiamento” (reclassificação) do modelo tomou como referencial empírico e prático a determinação de 5 (cinco) classes distintas, sendo elas as de:

- Fortíssima instabilidade potencial;
- Forte instabilidade potencial;
- Média instabilidade potencial;
- Fraca instabilidade potencial; e,
- Fraquíssima instabilidade potencial.

Tal procedimento fora realizado através da segmentação da imagem raster resultante da modelagem que, neste caso, contém valores numéricos compreendidos entre 2,43 e 9,76 em virtude da variação dos pesos de cada fator e das notas de suas respectivas classes.

Desta forma fora definido os cinco intervalos equivalentes (resultado do modelo/5), partindo do nível referente à fraquíssima instabilidade potencial (valores entre 2,43 e 3,90) a fortíssima instabilidade (valores entre 8,30 e 9,76), tendo como resultado final a Carta de Instabilidade Potencial do Relevo para a Unidade Topomorfológica Tabuazeiro. Esta é apresentada no Anexo I deste volume, na escala 1:5.000 de modo adjunto ao quadro sintético de análise dos fatores/planos de informações constituintes da modelagem, em associação à seus demais aspectos geomorfológicos e morfodinâmicos recorrentes na área de estudo de acordo com suas respectivas Subunidades Topomorfológicas.

As técnicas de análise e integração multicritérios de dados espaciais são ferramentas úteis na modelagem espacial, tanto para a predição das áreas de favorabilidade à ocorrência de fenômenos naturais, como para a classificação e integração de variáveis temáticas.

Todavia, o sucesso de tal abordagem depende diretamente do grau de conhecimento disponível da região de estudo, o qual permitirá a definição de parâmetros e relações necessários à definição do modelo prospectivo a ser adotado.

Assim, é realizada no próximo capítulo uma breve avaliação e discussão dos resultados alcançados na modelagem ora desenvolvida.

## 10 AVALIAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

No presente capítulo é desenvolvida a etapa de avaliação e discussão dos resultados da aplicação da modelagem para a Unidade Topomorfológica Tabuazeiro. Esta etapa concerne em analisar de forma qualitativa o modelo físico final em consonância com as peculiaridades geomórficas presentes na área de estudo, especificamente no que condiz à distribuição e caracterização dos principais atributos morfométricos, morfológicos, morfográficos e morfodinâmicos, assim como as formas de uso e ocupação do solo atuais.

Tal abordagem avaliativa da CIPRE (Carta de Instabilidade Potencial do Relevo) será abarcada em três tópicos conforme as Subunidades Topomorfológicas definidas no item 3.2 para área de estudo.

Após apresentação e discussão geral dos resultados condizentes a cada Subunidade Topomorfológica, passa-se a etapa de avaliação pontual dos resultados. Para tal, foram escolhidos de modo arbitrário cinco pontos de interesse dentro de cada subunidade, sendo estes condizentes aos distintos graus de instabilidade potencial contidos na metodologia da CIPRE.

A apresentação dessa avaliação foi concretizada através da apresentação de uma ficha cadastral de avaliação da instabilidade potencial do relevo para cada ponto escolhido. Nas fichas, além de conter informações sobre os graus de instabilidade potencial avaliado para cada ponto escolhido, elenca de modo sintético seus aspectos morfométricos, morfográficos, morfodinâmicos e de uso do solo.

A implementação da ficha de avaliação da instabilidade potencial do relevo possibilita, ao nosso entender, uma verificação mais próxima dos resultados alcançados na aplicação do algoritmo construído, pois estas fomentam o confronto direto do grau de instabilidade potencial auferido para um determinado ponto com as características e particularidades geoambientais condizentes ao mesmo.

Para a realização adequada dos procedimentos de avaliação dos produtos cartográficos empregados no modelo e dos resultados extraídos a partir dos

procedimentos de integração destes, foram empreendidas, durante o desenvolvimento do presente estudo, quatro campanhas na área em consideração, sendo elas realizadas nos meses de Dezembro de 2008, Agosto de 2009, Janeiro e Fevereiro de 2010.

No intuito de proporcionar maior organização e objetivar a avaliação dos resultados auferidos pela CIPRE para a área de estudo, foram elaboradas fichas cadastrais dos pontos avaliados em todas as Subunidades Topomorfológicas. Nesta são elencados e discutidos de modo breve e sintético os fatores abarcados/integrados na presente modelagem, assim como suas influências e correlações frente aos resultados alcançados para os pontos de avaliação escolhidos.

As fichas são identificadas por um código/sigla indicativo de sua respectiva Subunidade Topomorfológica como, por exemplo, STPO (Subunidade Topomorfológica Pedra dos Olhos), bem como sua classificação quanto à instabilidade potencial, 01 (fortíssima) formando assim o código STPO-01.

Assim, a seguir, faz-se a interpretação e avaliação dos resultados extraídos da CIPRE para área de estudo conforme cada Subunidade Topomorfológica.

## 10.1 SUBUNIDADE TOPOMORFOLÓGICA PEDRA DOS OLHOS

Delimitada por uma área de aproximadamente 0,64 Km<sup>2</sup>, a Subunidade Topomorfológica Pedra dos Olhos apresenta como particularidade em seu padrão morfológico a recorrência de feições de geometria convexas relacionadas às frentes de interflúvio, interligadas a feições côncavas, representadas por fundos de vales e canais de drenagem pluvial.

As unidades de relevo são representadas comumente pelo domínio de morros e morrotes escalonados e descontínuos em função do forte controle litoestrutural e dos processos geopedogenéticos ora vigentes.

A amplitude das formas de relevo se dá com valor máximo próximo aos 120 m e mínimo 10 m, o que denota suave ondulação, sendo tal característica rompida em certos setores do modelado devido à ocorrência de afloramentos rochosos escarpados constituindo *free faces* em associação a valores clinométricos acentuados.



Figura 10.1-1: Paisagem caracterizada pela ocorrência de afloramentos rochosos graníticos conformados comumente por *free face*. Nota-se sua associação a cornijas estruturais (linhas tracejadas em amarelo).

De modo geral, destaca-se nos setores mais elevados desta Subunidade a ocorrência de granitos porfiroidais, apresentando considerável conjunto de fraturas e diáclases, como por exemplo, a Pedra dos Olhos, que dá nome a esta Subunidade devido a seu destaque na paisagem local como ilustrado na Figura 10.1-2 a seguir.

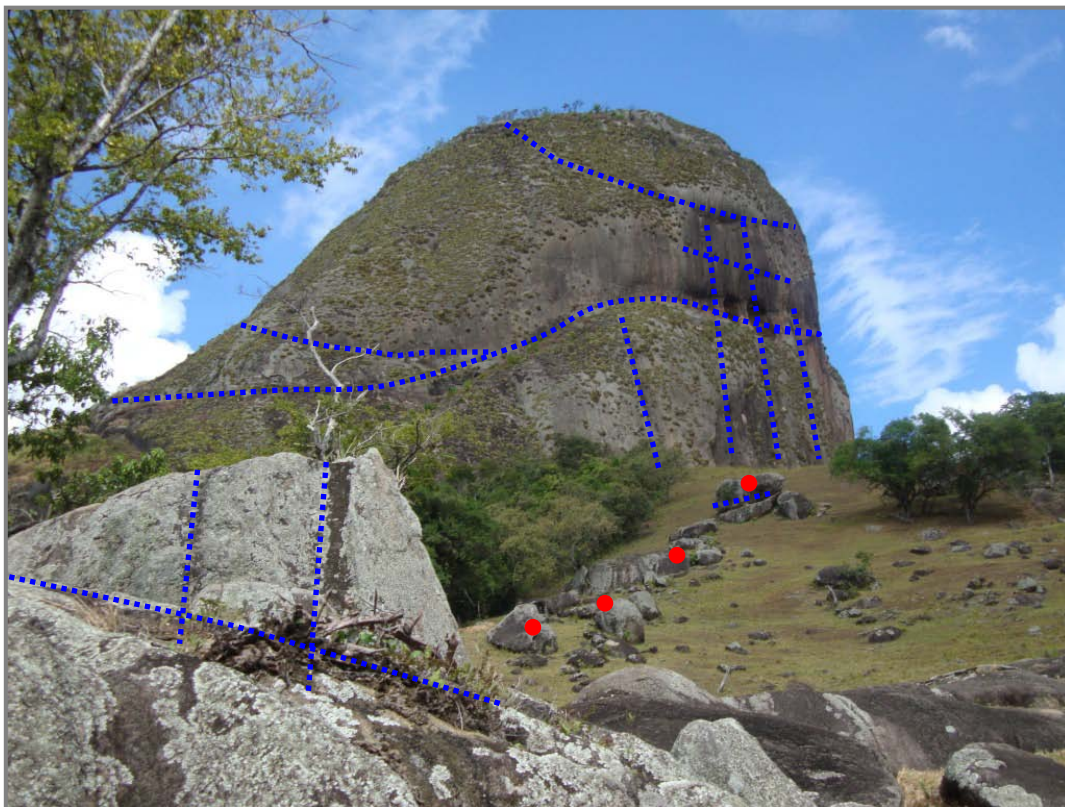


Figura 10.1-2: Em primeiro plano observa-se o afloramento de litofácie granítica caracterizada por *free faces*. Observa-se no segundo plano a ocorrência de blocos rochosos subarredondados e angulosos (pontos em vermelho), posicionados próximo a sopé de corpo granítico abrupto conhecido localmente como Pedra dos Olhos em função de *tafoni* posicionado em seu terço médio. Tomam destaque à ocorrência de densa rede de fraturas e diáclases (linhas pontilhadas em azul) condicionando a evolução do modelado local.

A atuação dos processos geopedogenéticos sobre tal embasamento geológico dá origem a duas tipologias pedológicas distintas identificadas no presente estudo como Cambissolo Distrófico e Neossolo Litólico Distrófico. O Cambissolo Distrófico, de maior expressão na paisagem em questão, se encontra preferencialmente posicionados nos terços médios e inferiores das vertentes, enquanto o Neossolo Litólico é mais comum nos setores mais altos e inclinados do modelado em questão.

O intervalo clinográfico predominante condizente a esta Subunidade se apresenta com valores entre 30 e 45%, caracterizado, principalmente, nos terços superiores e médios das vertentes. Tal fato interfere de forma considerável na questão da estabilidade dos materiais de encosta, assim como na velocidade dos fluxos hídricos de superfície, sendo estes diretamente relacionados aos processos erosivos que ocorrem nas vertentes. Os possíveis problemas relacionados à forte inclinação das vertentes e dos respectivos processos dinâmicos associados são amenizados



devido à presença de fragmentos de cobertura vegetal em estágio médio e avançado de regeneração, cobrindo grande parte da área em questão como pode ser observado na Figura 10.1-3 abaixo.



Figura 10.1-3: Vista lateral de fragmento florestal em estágio médio de regeneração (segundo plano) cotejado por postagem e macegas (primeiro plano) cobrindo os terços superiores e médios das vertentes da Subunidade Topomorfológica Pedra dos Olhos.

Nota-se, também, a ocorrência de pastos e macegas relacionadas às pequenas glebas localizadas na porção meridional e oriental da área, onde ainda ocorre a prática da pecuária bovina e caprina. Os solos recorrentes nestas áreas se encontram bem compactados em função do intenso pisoteio do gado, condicionando a ocorrência de sulcos erosivos nos setores mais íngremes das encostas. Com relação, ainda, ao uso e ocupação do solo, constata-se como condição geral a constante pressão antrópica sobre os recursos naturais, mais especificamente no que se refere à vegetação, tanto em relação à supressão desta para construção civil, como em sua degradação devido a atos de vandalismo.



Figura 10.1-4: Paisagem relacionada a uso do solo por atividades agropastoris comum em algumas propriedades inseridas nos limites da Subunidade Topomorfológica Pedra dos Olhos. Nota-se a supressão considerável da vegetação nativa e sua queima, bem como a compactação do solo devido ao pisoteio do gado.

Estes são representados principalmente pelas derrubada da vegetação e/ou sua queima bastante comuns dentro dos limites das “glebas rurais”, assim como nos meses de inverno ou em períodos de seca pronunciada, como podem ser constado na Figura 10.1-4.

O comprimento das rampas apresenta valor médio de aproximadamente 447 m, o que favorece, em tese, ao processo de erosão laminar, corroborado pela prevalência de feições convexas hiperdispersivas de fluxos hídricos, processo este atenuado devido à presença de cobertura vegetal em grande parte da Subunidade.

Sobressaem como classe de densidade de drenagem pluvial valores compreendidos entre 10 – 20 m/Km<sup>2</sup>, o que denota baixo grau de dissecação do relevo para esta Subunidade.

No que concerne aos aspectos morfológicos do relevo, os topos dos morros e morrotes recorrentes nesta Subunidade se apresentam essencialmente policonvexos a convexo-retilíneos, característicos de atuação de clima Tropical Úmido sobre as rochas graníticas, nas quais prevalece o processo de mamelonização ou arredondamento relacionado ao forte intemperismo químico e biológico (Ab' Sáber, 2003). De maneira geral, tais morfologias estão dispostas de modo descontínuo, apresentando desnivelamentos e assimetrias indicando forte controle estrutural imposto pelo embasamento geológico local.

No que condiz ao domínio de fluxos hídricos de materiais em superfície e subsuperfície, temos para os terços superiores fluxos superficiais e subsuperficiais de água e de materiais majoritariamente hiperdispersivo a mesodispersivo radial.

Quanto ao terços médios das vertentes, observam-se o predomínio de *noses* assimétricos atrelados a cornijas estruturais e *free faces*. É marcante a ocorrência de *tor's* graníticos e de Caos de Blocos caoticamente dispersos em associação a linhas de drenagem pluviais, evidenciando certo controle estrutural, como observado na Figura 10.1-5 apresenta a seguir.





Figura 10.1-5: *Tor* de origem granítica posicionado topograficamente no terço médio de uma vertente condizente a Subunidade Topomorfológica Pedra dos Olhos.

Tal fato se deve, fundamentalmente, a decomposição e a retirada dos materiais superficiais de forma lenta e contínua.

Prevalecem à ocorrência de feições policonvexas e retilíneo-convêxas relacionadas à frente de interflúvios, em contraposição aos anfiteatros e aos canais pluviais conformados geometricamente por formas policôncavas (tipo 9) e retelíneo-côncavas (tipo 6), nas quais prevalecem os domínios hipoconcentradores a mesoconcentradores radiais de fluxos hídricos. Tais características são ilustradas na Figura 10.1-6 a seguir.



Figura 10.1-6: Panorama geral das encostas condizentes a Subunidade Topomorfológica Pedra dos Olhos. Nota-se a presença de canais de drenagem pluvial (linhas pontilhadas em branco) conformados essencialmente por morfologias policonvexas e retilíneo-convexas, correlacionadas a recorrência de caos de blocos em associação a Cambissolo e a Neossolo Litólico Distróficos.

Sobressai-se, quanto às encostas desta Subunidade, o domínio hiperdispersivo de fluxos superficiais e subsuperficiais. Esta característica é atenuada devido à disposição de fragmentos florestais em estágio médio e inicial de regeneração, o que contribui para a redução do escoamento superficial ou em lençol.

Os terços inferiores se configuram pela ocorrência de espessas rampas de colúvio associado aos fundos de vales entulhados por materiais detríticos formados em *situ* e/ou carreados das porções superiores das vertentes. Predominam os canais pluviais abertos constituídos por feições essencialmente policôncavas e retilíneo-côncavas associados aos blocos geometricamente arredondados a subarredondados dispersos de forma caótica como ilustrado na Figura 10.1-7.





Figura 10.1-7: Canal de drenagem pluvial apresentando afloramento de blocos rochosos de fácies granodioríticas (pontos em vermelho). Anfiteatro caracterizado por geometria policôncava conectada a canal de drenagem paralelo (segundo plano) entulhado por material de origem coluvionar (pontos em azul).

Os domínios de fluxos hídricos relacionados às unidades elementares do tipo 2; 3; 5; 7 e 8; ocorrem de forma pouco expressiva, não intervindo significativamente no padrão geral de dispersão e concentração d'água na referida Subunidade.

Em relação aos aspectos morfodinâmicos da área em questão, fora constatado a ocorrência de feições inerentes a processos dinâmicos atuais, com a prevalência da erosão laminar consubstanciada por depósitos acumulativos de origem pluvial (depósito de enxurrada), preferencialmente localizados nos fundos de vales e anfiteatros da área de estudo.

Quanto aos resultados inferidos na modelagem da instabilidade potencial do relevo (CIPRE), observa-se, para a Subunidade em questão, o predomínio das classes de forte, média e fraca instabilidade. Os graus inerentes à fortíssima e baixíssima instabilidade potencial são pouco representativos para a porção da modelado em análise. Tal fato se deve de modo significativo em função dos pesos estabelecidos

para a clinografia e os materiais superficiais do terreno, denotando, assim, forte correlação com os valores e características apresentadas pelos mesmos.

A seguir apresentam-se as cinco fichas referentes aos pontos arbitrariamente escolhidos para a avaliação da Subunidade Topomorfológica Pedra dos Olhos. Estas condizem a cada classe de instabilidade potencial do relevo, trazendo em seu conteúdo as características de cada tema inserido na modelagem, assim como os aspectos do relevo considerados como complementares aos resultados auferidos pela CIPRE (comprimento médio de rampas e aspectos morfodinâmicos).

Todas as fichas estão identificadas por um código/sigla indicativo de sua respectiva Subunidade Topomorfológica, como por exemplo, STPO (Subunidade Topomorfológica Pedra dos Olhos), bem como sua classificação quanto à instabilidade potencial – 1 (fortíssima), formando assim o código STPO-1.

| <b>FICHA DE AVALIAÇÃO DA INSTABILIDADE POTENCIAL DO RELEVO</b>                 |  |
|--|--|
| <b>Identificação do Ponto</b><br>STPO-1  | <b>Coordenadas (UTM - SAD69-24S)</b><br>361695 (E) – 7754224 (N)     |
| <b>Grau de Instabilidade Potencial</b><br>Fortíssima.                          |  |
| <b>Clinometria</b><br>> 70 %   | <b>Material Superficial</b><br>Cambissolo Distrófico                 |
| <b>Uso do Solo</b><br>Fragmento de Vegetação em Estágio Inicial de Regeneração | <b>Morfologia/Domínio de Fluxos</b><br>Policôncava/Hiperconcentrador |
| <b>Densidade de Drenagem Pluvial</b><br>20 – 30 m/Km <sup>2</sup>              | <b>Morfodinâmica</b><br>Depósitos de Enxurrada/Escurregamento        |


  


Figura 10.1-8: Setor do modelado condizente ao ponto STPO-1, apresentando geometria policonvexa, transpassada por via de circulação. Nota-se acumulação de materiais de textura argilosa (seta em vermelho) depositados no leito da via em função de considerável deslizamento ocorrido em Novembro de 2009. A classificação como fortíssima instabilidade possui considerável correlação ambiental com os aspectos levantados para o referido ponto e, conseqüentemente, com os pesos estabelecidos na modelagem.



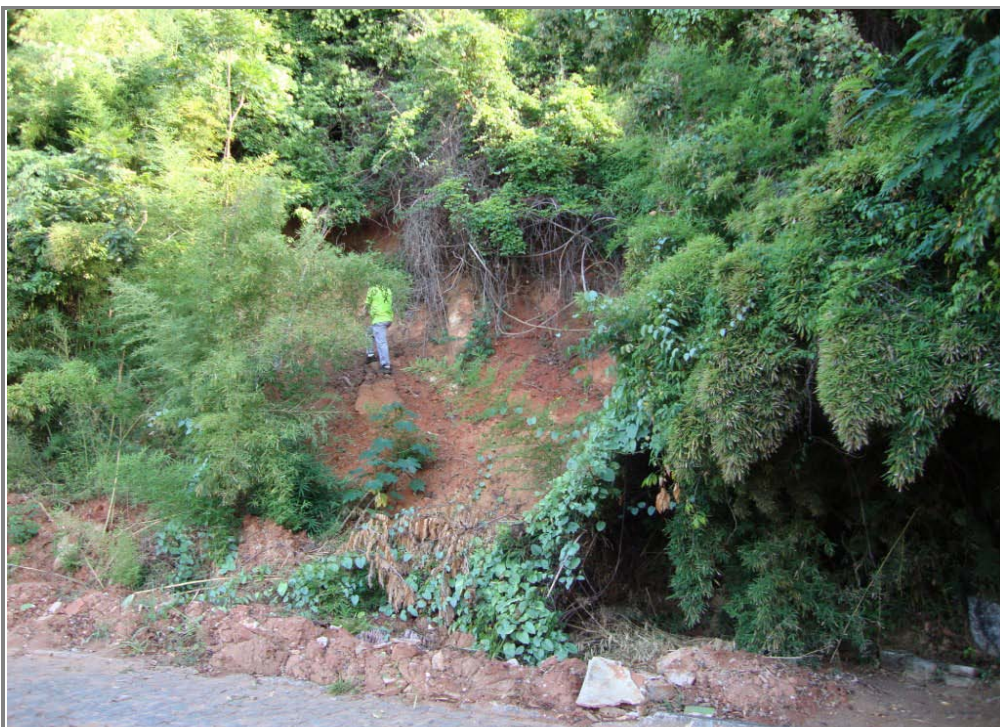


Figura 10.1-9: Perspectiva frontal da feição gerada (cicatriz) pelo deslizamento de material pedológico no ponto STPO-1. Nota-se a presença de cobertura vegetal em estágio inicial de regeneração.



Figura 10.1-10: Detalhe perfil de Cambissolos Distrófico de origem granítica recorrente no ponto em avaliação. Porção basal constituída de materiais fracamente intemperizados.




| <b>FICHA DE AVALIAÇÃO DA INSTABILIDADE POTENCIAL DO RELEVO</b>   |   |
|--|---|
| <b>Identificação do Ponto</b><br>STPO-2  | <b>Coordenadas (UTM - SAD69-24S)</b><br>361708 (E) – 7754563 (N)                        |
| <b>Grau de Instabilidade Potencial</b><br>Forte  |   |
| <b>Clinometria</b><br>45 – 58%   | <b>Material Superficial</b><br>Caos de Blocos Associados à Neossolo Litólico Distrófico |
| <b>Uso do Solo</b><br>Pasto  | <b>Morfologia/Domínio de Fluxos</b><br>Retilíneo-<br>Côncava/Mesoconcentrador Radial    |
| <b>Densidade de Drenagem Pluvial</b><br>30-40 m/Km <sup>2</sup>  | <b>Morfodinâmica</b><br>Erosão Linear   |
|   |   |
| <p>Figura 10.1-11: Perspectiva de montante do setor de encosta avaliado (seta em amarelo) condizente ao ponto STPO-2, ocupado atualmente por pastagem. Nota-se a forte clinometria do terreno atrelada à conformação morfológica retilíneo-côncava, denotando, assim, um domínio mesoconcentrador radial de fluxos hídricos e de materiais sub e superficialmente. O resultado auferido para tal setor possui boa coerência ambiental com os aspectos levantados na elaboração da carta de instabilidade potencial do relevo, inexistindo elementos ou fatores geoambientais sobrepujantes ao conjunto analisado de modo integrado na CIPRE.</p> |   |



Figura 10.1-12: Perfil de Neossolo Litólico Distrófico apresentado fragmento de rocha granítica subarredondado e pouco alterado referente ao ponto STPO-2.

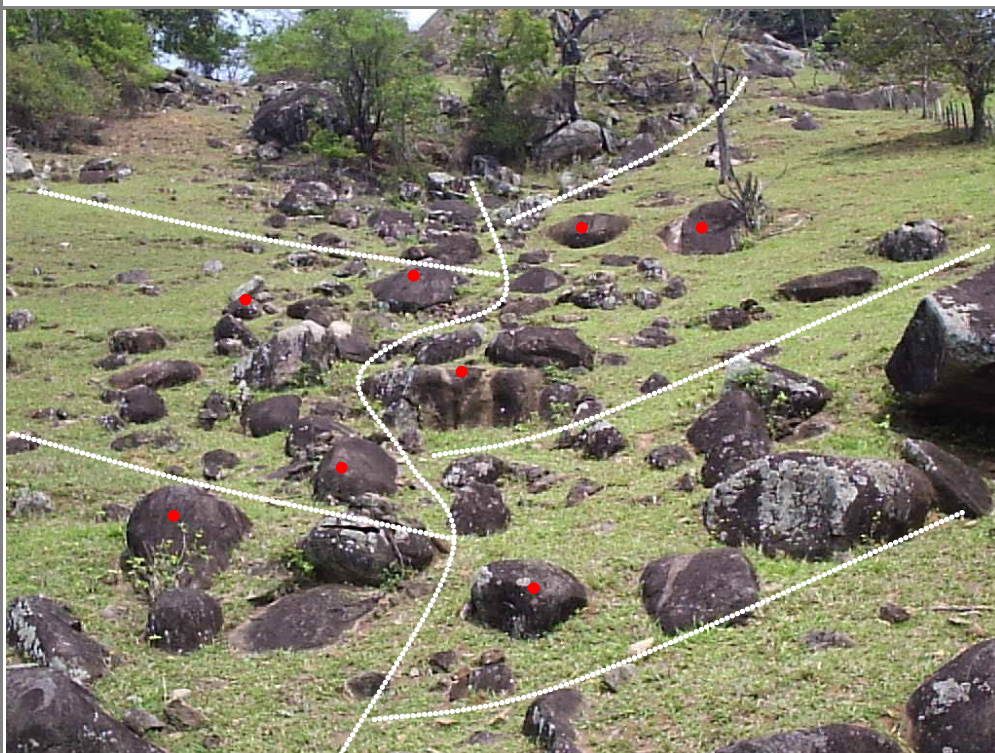


Figura 10.1-13: Perspectiva de jusante do setor de encosta avaliado (ponto STPO-2). Nota-se a ocorrência de Caos de Blocos (pontos em vermelho) associados à Neossolo Litólico Distrófico posicionados em linhas de drenagem pluvial (linhas pontilhadas em branco).



| <b>FICHA DE AVALIAÇÃO DA INSTABILIDADE POTENCIAL DO RELEVO</b>  |  |
|---|--|
| <b>Identificação do Ponto</b><br><br>STPO-3   | <b>Coordenadas (UTM - SAD69-24S)</b><br><br>361677 (E) – 7754842 (N)                     |
| <b>Grau de Instabilidade Potencial</b><br><br>Média   |  |
| <b>Clinometria</b><br><br>30-45%  | <b>Material Superficial</b><br><br>Cambissolo Distrófico                                 |
| <b>Uso do Solo</b><br><br>Via de Circulação em meio a Vegetação em Estágio Médio de Regeneração   | <b>Morfologia/Domínio de Fluxos</b><br><br>Retilíneo-<br>Côncava/Mesoconcentrador Radial |
| <b>Densidade de Drenagem Pluvial</b><br><br>10-20 m/Km²   | <b>Morfodinâmica</b><br><br>Erosão Linear  |
|    |  |
| <p>Figura 10.1-14: Setor de encosta avaliado para o referido ponto (STPO-3), apresentando perfil de moderada clinometria. Observa-se a presença de via de circulação em meio a fragmento de vegetação em estágio médio de regeneração, o que corrobora para exposição do solo e a erosão linear potencializada por sua geometria retilíneo-convexa (mesoconcentradora radial de fluxos). O resultado de moderada instabilidade potencial condiz, satisfatoriamente, com os elementos da paisagem considerados para o referido ponto, corroborando, assim, com os pesos estabelecidos para os temas empregados na modelagem, não se observando a superposição ou destaque para um ou alguns elementos integrados na CIPRE.</p> |  |





Figura 10.1-15: Detalhe da litologia granítica porfiroidal sustentadora do modelado referente ao ponto STPO-3. Constata-se a ocorrência de fratura espaçada (linha tracejada em vermelho) condicionado ao processo de intemperismo da rocha.



Figura 10.1-16: Visada de jusante do setor avaliado (ponto STPO-3) constituído de extrato arbustivo e arbóreo conjugados a serrapilheira (pontos em vermelho), denotando certa proteção às camadas superficiais do solo frente aos agentes pluvioerosivos.




| <b>FICHA DE AVALIAÇÃO DA INSTABILIDADE POTENCIAL DO RELEVO</b>   |  |
|--|--|
| <b>Identificação do Ponto</b><br><br>STPO-4  | <b>Coordenadas (UTM - SAD69-24S)</b><br><br>361770 (E) – 7754856 (N)                               |
| <b>Grau de Instabilidade Potencial</b><br><br>Fraca  |  |
| <b>Clinometria</b><br><br>< 15%  | <b>Material Superficial</b><br><br>Cambissolo Distrófico   |
| <b>Uso do Solo</b><br><br>Vegetação em Estágio Médio de Regeneração  | <b>Morfologia/Domínio de Fluxos</b><br><br>Retilíneo-<br>Côncava/Mesoconcentrador Radial de Fluxos |
| <b>Densidade de Drenagem Pluvial</b><br><br>20-30 m/Km <sup>2</sup>  | <b>Morfodinâmica</b><br><br>Depósito de Enxurrada  |
|   |  |
| <p>Figura 10.1-17: Perspectiva a partir de jusante do setor do modelado avaliada (ponto STPO-4) ocupado por vegetação estágio médio de regeneração (seta em amarelo). Predominam como dinâmica de fluxos sub e superficiais a mesoconcentração radial corroborada pela baixa clinometria do setor. A classificação do setor como de fraca instabilidade potencial corresponde de modo adequado às características geoambientais recorrentes no referido ponto, denotando, desta forma, correspondência satisfatória com os pesos estabelecidos para o modelo, indicando a inexistência de destaque ou de superposição de um ou alguns fatores sobre os demais.</p> |  |





Figura 10.1.18: Afloramento de granítico porfiroidal de textura grosseira fortemente diaclasado, apresentando fenocristais de feldspatos potássico bem orientados.



Figura 10.1.19: Ocorrência de Cambissolo Distrófico de textura areno-argilosa, originado de intemperismo atuante sobre granito porfiroidal referente ao ponto de avaliação STPO-4.

| <b>FICHA DE AVALIAÇÃO DA INSTABILIDADE POTENCIAL DO RELEVO</b>   |   |
|--|---|
| <b>Identificação do Ponto</b><br>STPO-5  | <b>Coordenadas (UTM - SAD69-24S)</b><br>361571 (E) – 7754603 (N)                    |
| <b>Grau de Instabilidade Potencial</b><br>Fraquíssima  |   |
| <b>Clinometria</b><br>15 – 30%   | <b>Material Superficial</b><br>Neossolo Litólico                                    |
| <b>Uso do Solo</b><br>Vegetação em Estágio Inicial de Regeneração  | <b>Morfologia/Domínio de Fluxos</b><br>Convexo-Retilínea/Mesodispersor Longitudinal |
| <b>Densidade de Drenagem Pluvial</b><br>10-20 m/Km <sup>2</sup>  | <b>Morfodinâmica</b><br>Erosão Laminar  |
|   |   |
| <p>Figura 10.1-20: Visada geral do setor do modelado em avaliação (ponto STPO-5) conformado por morfologia convexo-retilínea condizente ao domínio de fluxos mesodispersor longitudinal. Verifica-se a presença de fragmento de vegetação em estágio inicial de regeneração cotejado por pastagem em terreno de fraca clinometria. A classificação do referido setor como fraquíssima instabilidade potencial apresenta boa correlação com grande parte dos aspectos ambientais considerados, em especial no que condiz a clinometria, materiais superficiais e morfologia do ponto em questão. Destaca-se que tal ponto se encontra a aproximadamente 180 m acima do nível do mar, ou seja, posicionado aproximadamente entre o terço médio e superior da encosta, o que demonstra a fraca correlação direta da classificação em relação aos níveis topográficos.</p> |   |





Figura 10.1-21: Ocorrência de afloramentos rochosos (pontos em azul) cobertos pela vegetação em estágio inicial de regeneração no ponto em avaliação STPO-5. Neste, observa-se a formação de serrapilheira (ponto em vermelho) alocada de modo preferencial entre os blocos graníticos cobrindo o solo.



Figura 10.1-22: Detalhe de Neossolo Litólico Distrófico assentado sobre rocha granítica condizente ao ponto de avaliação STPO-5.

## 10.2 SUBUNIDADE TOPOMORFOLÓGICA MORRO DO MACACO

Conformada por um fragmento territorial de aproximadamente 0,59 Km<sup>2</sup>, a Subunidade Topomorfológica Morro do Macaco se difere da anterior pelo domínio de formas geometricamente côncavas, cotejada por expressivas cabeceiras de drenagem em anfiteatro que configuram o seu limite Sul e Norte.

As frentes de interflúvio encontram-se interligadas às feições côncavas representadas por fundos de vales e canais de drenagem pluvial e fluvial não perene.

As unidades de relevo são representadas de forma ampla pelo domínio de morros e morrotes escalonados e descontínuos nos terços superiores e médios, e por morrotes e colinas no terços inferiores. Tais fatos estão relacionados aos processos pedogenéticos atuais evidenciados pelo forte controle litoestrutural incidente. Tais morfologias são sustentadas por tipologias pedológicas representadas em ordem de grandeza e importância por: Cambissolo Distrófico, preferencialmente posicionados nos terços médios e inferiores do modelado; Neossolo Litólico Distrófico, comumente associado aos terços superiores; e Neossolo Flúvico Distrófico, distribuído de modo exclusivo ao longo da encosta que perfaz limite com a Subunidade Pedra dos Olhos.

A amplitude das formas apresenta valores máximos próximos a 150 m e mínimos de 5 m, o que denota certa rugosidade do relevo comumente associado a afloramentos rochosos caracterizados por *free faces*, principalmente nos terços superiores e médios, sendo estes constituídos por litofácies predominantemente graníticas.



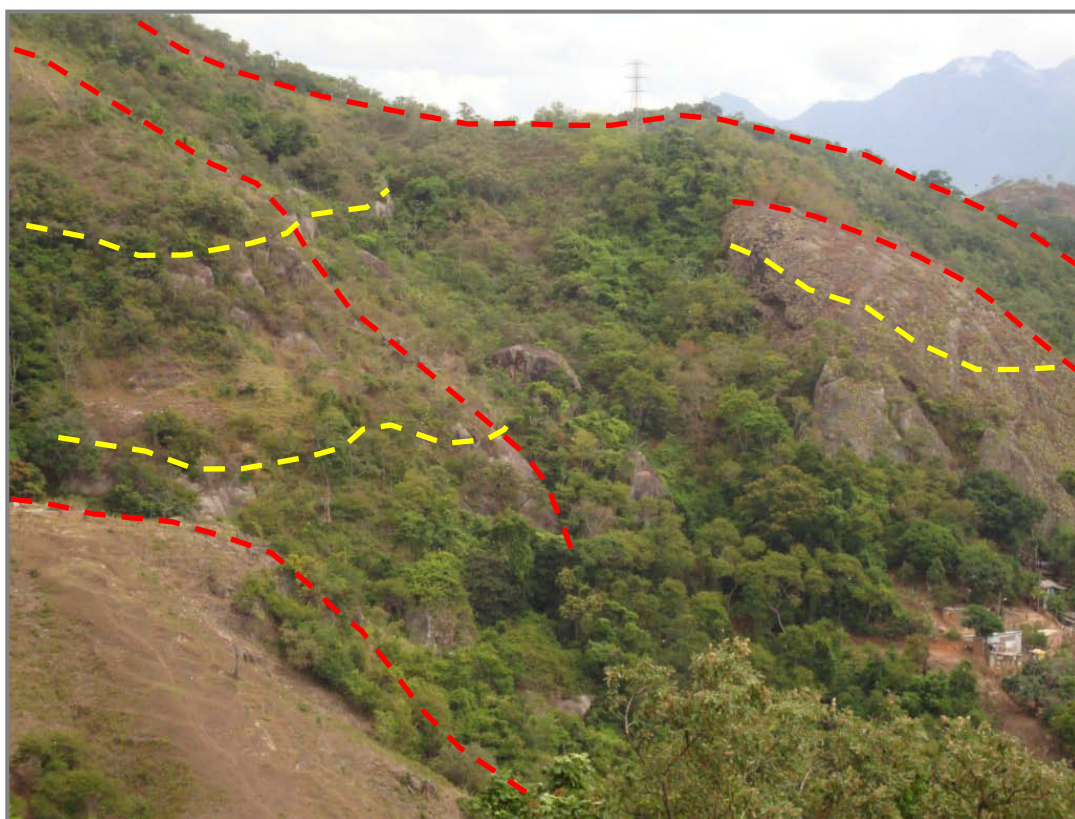


Figura 10.2-1: Aspectos geomorfológicos condizente aos terços superiores e médios das encostas constituintes da Subunidade Topomorfológica Morro do Macaco. Nestes sobressai a ocorrência de afloramentos rochosos consubstanciados por *free faces*, atreladas às cornijas estruturais (linhas tracejadas em amarelo). Destaca-se a ocorrência de interflúvios e linhas de topos (linhas tracejadas em vermelho) com geometria predominantemente policonvexa (*noses*).

Os valores clinométricos do terreno se apresentam de modo preferencial em intervalos que variam entre 45 - 58% e >70%, constatados de forma mais ampla nos terços superiores e médios, o que corrobora para a instabilidade dos materiais de encosta. Somam-se à questão da forte inclinação das vertentes e dos respectivos processos dinâmicos associados, a densa ocupação urbana nas porções média e baixa e a presença de pequenas propriedades rurais onde se pratica a pecuária bovina de modo extensivo.

No que toca a questão do uso e ocupação da referida Subunidade, em específico no que refere à cobertura vegetal, verifica-se a predominância de fragmentos em estágio inicial e médio de regeneração em associação a pastos e macegas. Tais características fitofisionômicas estão intimamente relacionadas ao processo de erosão laminar, derivado, principalmente, da aceleração dos fluxos hídricos de encostas.

A disposição das vias de circulação, assim como das residências e comércios contidos no perímetro desta Subunidade, apresenta-se, de modo geral, configurada por terrenos de consideráveis desníveis topográficos, forte clinometria e apresentando, comumente, geometria irregular, o que denota a inexistência de planejamento para o parcelamento adequado do solo urbano, ou simplesmente a inobservância do cumprimento da legislação específica vigente. Tal fato está relacionado ao processo “desordenado” de ocupação do solo fomentado pela negligência dos órgãos municipais e estaduais responsáveis pelo assunto, principalmente durante os decênios de 70 e 80 do século passado.

O conjunto de aspectos acima elencados pode contribuir para a aceleração e/ou desencadeamento de fenômenos geomórficos indesejáveis do ponto de vista ambiental e social, como o ocorrido em Fevereiro de 1985 no Morro do Macaco, provocando inúmeras perdas materiais e de vidas humanas.

De acordo com informações extraídas do relatório técnico condizente ao mapeamento de trecho de encosta do Morro do Macaco, elaborado pela equipe do Projeto MAPENCO<sup>26</sup>, constatou-se que a cicatriz do grande acidente de 1985 tem a faixa à jusante das obras de contenção ainda densamente ocupadas por moradias (UFES, 2006). Estas eram anteriormente de madeira e estão sendo gradativamente transformadas em alvenaria, como pode ser verificado nas Figuras 10.1-2 e 10.1-3 a seguir. Tal fato demonstra de modo significativo a inexistência ou ineficiência de políticas públicas preventivas e/ou mitigadoras dos problemas inerentes à ocupação das áreas de risco geológico-geotécnico em Vitória, principalmente àquelas voltadas à questão da regulação das tipologias de uso e ocupação do solo das encostas.

---

<sup>26</sup> O projeto MAPENCO (Mapeamento de Encostas), desenvolvido pelo laboratório de Topografia e Cartografia do Instituto Tecnológico da UFES, visa o reconhecimento das condições geológico-geotécnicas das encostas do município de Vitória, de modo a permitir a análise das várias situações de risco, gerando assim, dados técnicos que sirvam de subsídios a administração pública no planejamento urbano.

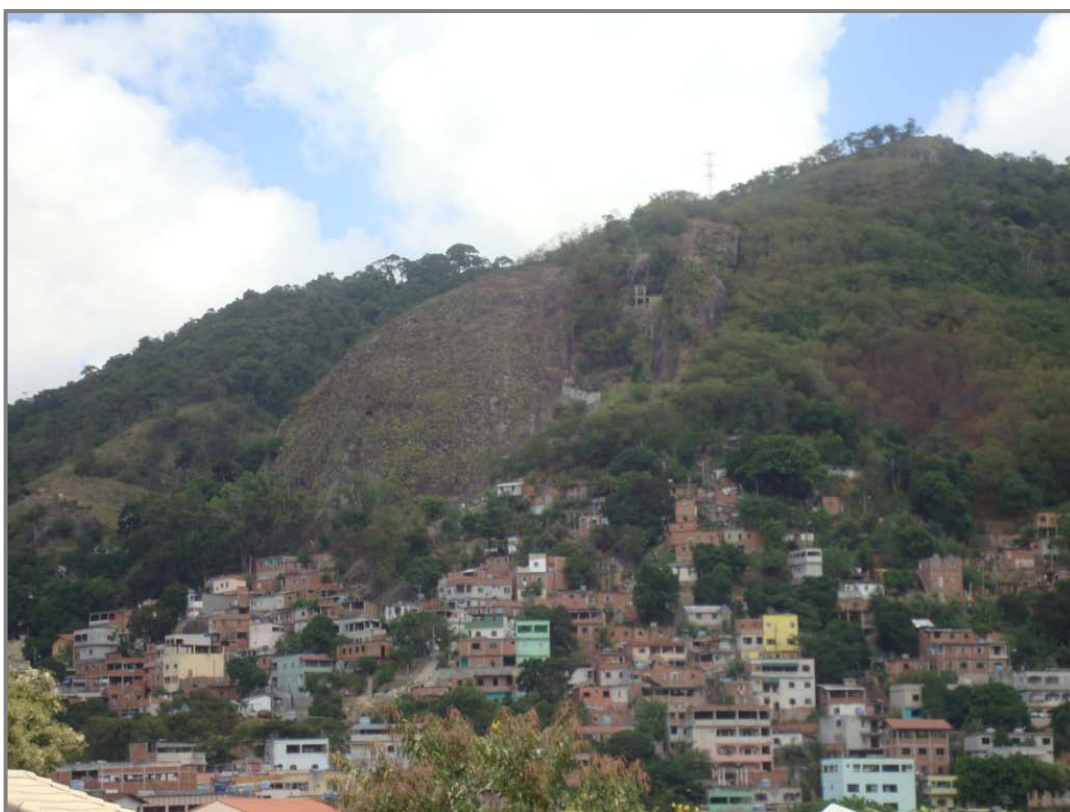


Figura 10.2-2: Perspectiva geral da paisagem inerente ao Morro do Macaco contida na Subunidade homônima. Observa-se sobre sua configuração geomorfológica forte ocupação urbana de caráter “desordenado” envolvendo setores do relevo de distintas clinometrias e substratos geopedológicos.

A constante pressão antrópica sobre os recursos naturais derivadas principalmente da necessidade de estabelecimento de novas residências e da conseqüente demanda de infra-estruturas urbanas reflete diretamente sobre as condições ambientais. Todavia, observa-se à supressão e/ou degradação dos resquícios de vegetação, a abertura de caminhos e vias de forma indiscriminada, lançamento de efluentes domésticos a céu aberto e de matérias sólidos inorgânicos nas encostas.





Figura 10.2-3: Vista parcial do setor condizente ao Morro do Macaco onde ocorrera catástrofe de 1985, derivada do desencadeamento de enorme deslizamento de material pedológico e litológico (rocha sã). Observa-se na parte superior da Figura a ocorrência de afloramentos graníticos caracterizados por *free faces* relacionadas a cornijas estruturais (linhas tracejadas em amarelo). A seta vermelha indica o sentido do movimento coletivo de massa. As setas em laranja condizem à posição das obras de contenção realizadas após o acidente. O ponto em vermelho logo abaixo, refere-se aos depósitos de escorregamentos oriundos do evento supracitado. Verifica-se ainda no referido setor uma forte ocupação por residências construídas em alvenaria e madeira (seta em amarelo) próxima a área de deposição dos materiais movimentados da encosta.

O valor do comprimento médio das rampas é de 525 m, o que, em teoria, contribui para o desenvolvimento de processos erosivos de cunho linear, porém, amenizados devido à presença de vegetação nos terços superiores e médios das vertentes. Desta forma, predomina sobre as feições de caráter geométrico convexo e retilíneo a retirada de materiais sobre a forma de escoamento em lençol. Associam-se tal parâmetro morfométrico os valores de densidade de drenagem pluvial recorrentes, sendo estes dispostos de modo preferencial entre 20-30 m/Km<sup>2</sup>, denotando, assim, moderado a forte grau de dissecação do relevo.

Com relação aos aspectos morfológicos e morfográficos inerentes aos terços superiores das vertentes, nota-se a prevalência de formas convexas apresentando delgada cobertura pedológica inerentes ao ataque dos agentes intempéricos sobre

litologias graníticas dentro da atuação do clima Tropical Úmido. Configuram-se linearmente assimétricos, descontínuos e desnivelados, reforçando características de forte controle estrutural, corroboradas pela ocorrência de cornijas estruturais capeadas por Neossolo Litólico Distrófico e blocos rochosos de grande diâmetro (métricos) ora cobertos por vegetação em estágios médio e inicial de regeneração, ora por macegas e pastagens. A Figura 10.2-4 ilustra tais peculiaridades geomorfológico-ambientais.

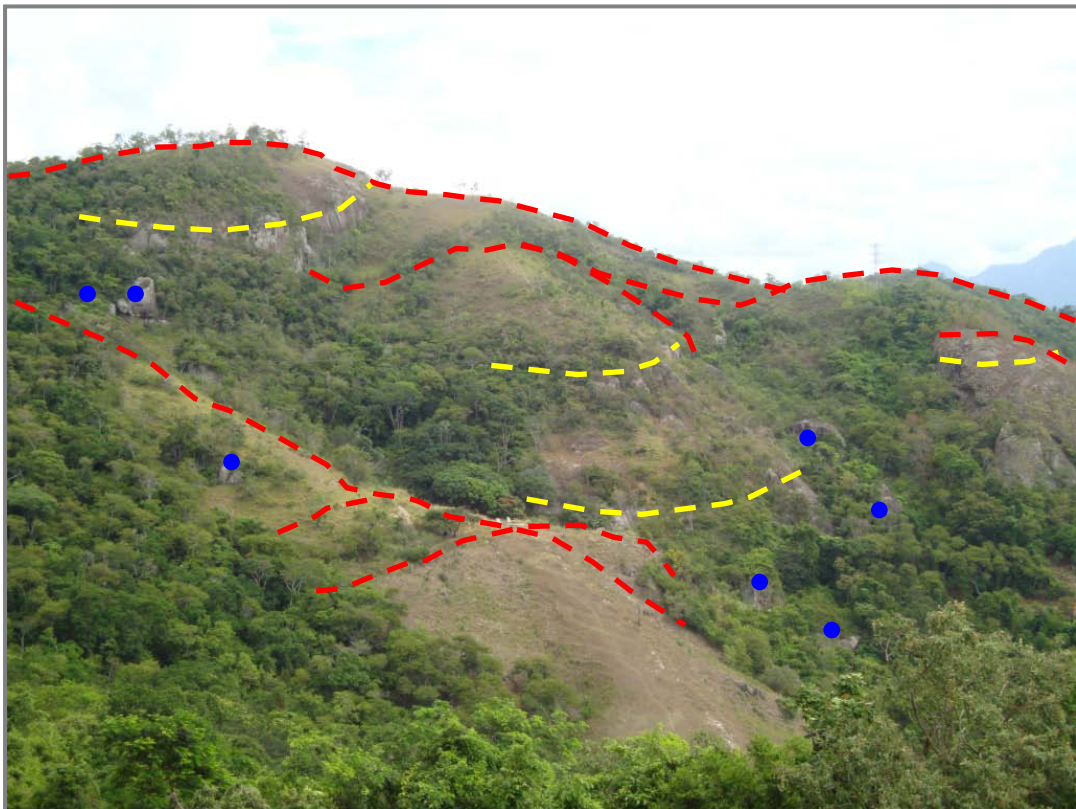


Figura 10.2-4: Ocorrência de morros e morrotes comumente assimétricos, descontínuos e desnivelados (linhas tracejadas em vermelho), associados à *free faces* e cornijas estruturais (linhas tracejadas em amarelo), denotando forte controle litoestrutural na evolução da paisagem. Nota-se a ocorrência de topos convexos capeados por delgada camada de material pedogenético, associado à ocorrência de blocos instáveis (pontos em vermelho).

No que tange às feições elementares do relevo (morfologia), sobressai sobre as demais formas policonvexas e retilíneo-convexas relacionadas aos domínios de fluxos hídricos hiperdispersivo a mesodispersivo radial.

Quanto aos terços médios verificam-se a ocorrência de *noses* majoritariamente simétricos relacionados às cornijas estruturais em forma de *free faces*. Os depósitos

de colúvios se encontram na maioria das vezes associados à caos de blocos sobre linhas de drenagem e anfiteatros, e, em alguns pontos, também sobre os interflúvios.

Ainda em relação aos terços médios das vertentes, nota-se a prevalência de tipologias de feições mínimas eminentemente policonvexas e retilíneo-convexas ligadas às frentes de interflúvio, apresentando domínio hiperdispensor a mesodispensor radial. Em contraposição a estas morfologias observa-se canais pluviais e fundos de vales conformados geometricamente por feições policôncavas e retilíneo-côncavas, configurando a conjunção de domínios hipoconcentradores e mesoconcentradores radiais de fluxos hídricos.

As características relativas à tipologia de fragmentos vegetacionais, refletem diretamente sobre as condições de formação e estabilização dos materiais presentes nas encostas, bem como na relação entre a quantidade e velocidade dos fluxos hídricos atuantes, antes, durante e após os eventos pluviométricos, principalmente nos meses mais chuvosos. Tais fatos condicionam o estabelecimento de um padrão erosivo, assim como de vetores físico-químicos relacionados à decomposição dos materiais de superfície e subsuperfície.

Os terços inferiores são caracterizados pela ocorrência de espessas rampas de colúvio cotejadas comumente por fundos de vales entulhados por materiais detríticos carregados das porções topograficamente mais elevada. A composição destes detritos se conforma, predominantemente, a blocos submétricos e angulosos, bem como de areias, siltes e argilas inconsolidados.

Observam-se, em relação aos aspectos geométricos dos terços inferiores, a prevalência de feições mínimas de geometria policonvexas (*noses*) e retilíneo-convexas referentes aos divisores de drenagem, caracterizando moderada dispersão de fluxos hídricos. Estes são cotejados por numerosos anfiteatros policôncavos, relacionados ao domínio de fluxos hídricos hipoconcentrador.

Quanto aos aspectos ligados aos canais de drenagem, estes se configuram, em sua grande maioria, como essencialmente pluviais abertos, caracterizados pela ocorrência de colúvios e blocos rochosos bem arredondados e dispersos de forma



irregular. Ocorrem também canais fluviais efêmeros, sendo tal característica devida à existência de lâmina d'água apenas no período mais chuvoso do ano, ou seja, no verão, como pode ser visualizado na Figura 10.2-5.

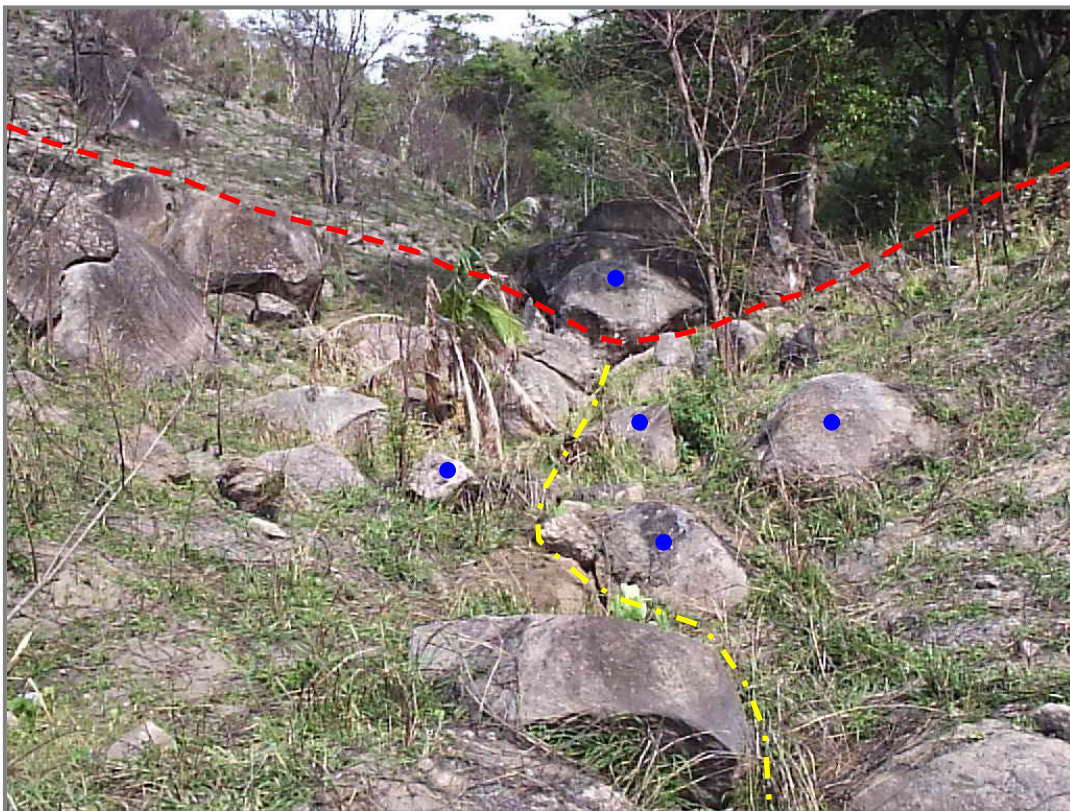


Figura 10.2-5: Canal fluvial efêmero (linha traceja em amarelo) caracterizado por feições geométricas policôncavas a retilíneo-côncavas (linhas tracejadas em vermelho). O talvegue encontra-se entulhado por blocos rochosos predominantemente angulosos (pontos em azul) evidenciando processo contínuo de retirada de materiais friáveis.

Os canais de drenagem pluviais e fluviais efêmeros são conformados, predominantemente, por feições policôncavas e retilíneo-côncavas, apresentando-se, de modo geral, bem amplos e extensos.

Os domínios de fluxos hídricos compostos pelas feições mínimas não citadas acima, se apresentam, quantitativamente, pouco expressivas, não exercendo significativa interferência no padrão geral de dispersão e concentração d'água na referida Subunidade.

Registrou-se, em relação aos aspectos morfodinâmicos, a ocorrência de cicatriz de escorregamento e do fenômeno de quedas de blocos, o que demonstra certa peculiaridade no que se refere à instabilidade dos materiais presentes nas encostas.

Dentre as formas de erosão verificadas, predomina a de cunho laminar, com ocorrência efêmera de feições erosivas em sulcos.

Os materiais de acumulação são caracterizados por depósitos de enxurrada inerentes aos fundos de vale e aos diversos anfiteatros. Percebeu-se também a ocorrência de depósitos de escorregamentos relacionados aos fenômenos dinâmicos, corroborando, de certa forma, com a constatação de um grau de instabilidade maior das vertentes em comparação com as outras Subunidades.

Com relação aos resultados extraídos da CIPRE, constata-se, para a Subunidade em análise no presente item, o predomínio das classes de forte, média e baixa instabilidade potencial sobre os demais. Os graus referentes à fortíssima e baixíssima instabilidade potencial do relevo se apresentam espacialmente com menor expressão no modelado, sobretudo no que condiz a esta última classe.

Tais resultados são derivativos principalmente em função da aplicação dos valores/pesos imputados aos três principais temas: clinografia, materiais superficiais e uso e ocupação do solo. A CIPRE, para o fragmento da área de estudo em análise, denota, contanto, forte correlação com os valores e características apresentadas pelos planos de informação acima citados, bem como de suas respectivas classes temáticas.

Apresentam-se, a seguir, as fichas de avaliação dos resultados concernente a Subunidade Topomorfológica Morro do Macaco. Estas se referente aos pontos escolhidos de modo a contemplar a análise expedita de todas as classes e resultados contidos na CIPRE.

| <b>FICHA DE AVALIAÇÃO DA INSTABILIDADE POTENCIAL DO RELEVO</b>  |   |
|---|---|
| <b>Identificação do Ponto</b><br>STMM-1   | <b>Coordenadas (UTM - SAD69-24S)</b><br>361480 (E) – 7755084 (N)                        |
| <b>Grau de Instabilidade Potencial</b><br>Fortíssima  |   |
| <b>Clinometria</b><br>58-70%  | <b>Material Superficial</b><br>Cambissolo Distrófico                                    |
| <b>Uso do Solo</b><br>Edificações e Vias de Circulação  | <b>Morfologia/Domínio de Fluxos</b><br>Retilíneo-<br>Côncava/Mesoconcentrador<br>Radial |
| <b>Densidade de Drenagem Pluvial</b><br>30-40 m/Km <sup>2</sup>   | <b>Morfodinâmica</b><br>Erosão Laminar/Escorregamento                                   |
|    |   |
| <p>Figura 10.2-6: Perspectiva do setor de encosta referente ao ponto de avaliação STMM-1 (seta em azul) ocupado por vias de circulação. Morfologia retilíneo-côncava denotando mesoconcentração radial de fluxos sub e superficial. O setor em questão se apresenta fortemente degradado do ponto de vista ambiental, correspondendo de modo equilibrado com o resultado indicado no modelo de instabilidade potencial (CIPRE), onde não se observa a superposição de um fator ou fatores em relação ao conjunto de elementos empregados na modelagem e seus pesos.</p> |   |





Figura 10.2-7: Perfil de Cambissolo Distrófico próximo ao ponto de avaliação STMM-1, apresentando horizonte textural areno-argiloso, com baixo teor de matéria orgânica e agregados, denotando assim forte friabilidade quanto exposto diretamente aos agentes pluvioerosivos.



Figura 10.2-8: Litologia local representada por granito porfiroidal apresentando fenocristais de feldspato potássico com orientação bem definida. Nota-se forte ataque dos agentes intempéricos sobre os minerais superficiais.



| <b>FICHA DE AVALIAÇÃO DA INSTABILIDADE POTENCIAL DO RELEVO</b> |                                      |
|--|--------------------------------------|
| <b>Identificação do ponto:</b>                                 | <b>Coordenadas (UTM - SAD69-24S)</b> |
| STMM-2   | 361334 (E) – 7755116 (N)             |
| <b>Grau de Instabilidade Potencial</b><br>Forte                |                                      |
| <b>Clinometria</b>   | <b>Material Superficial</b>          |
| > 70%  | Neossolo Litólico                    |
| <b>Uso do Solo</b>   | <b>Morfologia/Domínio de Fluxos</b>  |
| Macega   | Policonvexa/Hiperdispensor           |
| <b>Densidade de Drenagem Pluvial</b>                           | <b>Morfodinâmica</b>                 |
| > 40 m/Km <sup>2</sup>   | Erosão Laminar/Escorregamento        |



Figura 10.2-9: Perspectiva frontal do setor de encosta avaliado (seta em azul) referente ao ponto STMM-2. Nota-se forte valor clinométrico do mesmo associado à ocorrência de Neossolo Litólico Distrófico assentado sobre litologia granítica. Apresenta morfologia policonvexa caracterizado em sua porção de maior inclinação cornija estrutural (linha tracejada em amarelo), denotando, assim, hiperdispersão de fluxos superficiais e forte controle litoestrutural em sua conformação. A classificação de tal trecho como de forte instabilidade potencial, possui forte correlação com os aspectos geoambientais levantados, em específico no que condiz a clinometria, uso do solo e a densidade de drenagem pluvial sobre os demais fatores do modelo.





Figura 10.2-10: Predomínio no ponto STMM-2 de cobertura vegetal representada por espécies de porte arbustivo, em especial no que condiz a macegas cotejadas por pastagens e por espécies rupestres.



Figura 10.2-11: Perspectiva em detalhe de fina camada de Neossolo Litólico Distrófico sobreposto a afloramento granítico condizente ao ponto STMM-2.




| <b>FICHA DE AVALIAÇÃO DA INSTABILIDADE POTENCIAL DO RELEVO</b>  |                                      |
|---|--------------------------------------|
| <b>Identificação do Ponto</b>   | <b>Coordenadas (UTM - SAD69-24S)</b> |
| STMM-3  | 361808 (E) – 7755684 (N)             |
| <b>Grau de Instabilidade Potencial</b>  |                                      |
| Média   |                                      |
| <b>Clinometria</b>  | <b>Material Superficial</b>          |
| 30-45%  | Cambissolo Distrófico                |
| <b>Uso do Solo</b>  | <b>Morfologia/ Domínio de Fluxos</b> |
| Vegetação em Estágio Inicial de Regeneração   | Policonvexa/Hiperdispensor           |
| <b>Densidade de Drenagem Pluvial</b>  | <b>Morfodinâmica</b>                 |
| 20-30 m/Km <sup>2</sup>   | Erosão Laminar                       |
|    |                                      |
| <p>Figura 10.2-12: Visada geral do setor do modelado em avaliação (ponto STMM-3) conformato por morfologia hiperdispersora de fluxos sub e superficiais, associado à moderada clinometria. A vegetação se apresenta em estágio inicial de regeneração representada por espécies arbóreas e arbustivas sustentadas por tipologia pedológica condizente a Cambissolo Distrófico. A classificação do setor como de média instabilidade potencial, estabelece boa correlação com os aspectos geoambientais registrados e os valores dos pesos utilizados, principalmente, no que se refere à clinometria, uso do solo e material superficial.</p> |                                      |





Figura 10.2-13: Perfil de Cambissolo Distrófico apresentando horizonte textural areno-argiloso presente no ponto STMM-3. Tal tipologia quando exposta diretamente aos eventos fenômenos pluvioerosivos, apresentam forte friabilidade.

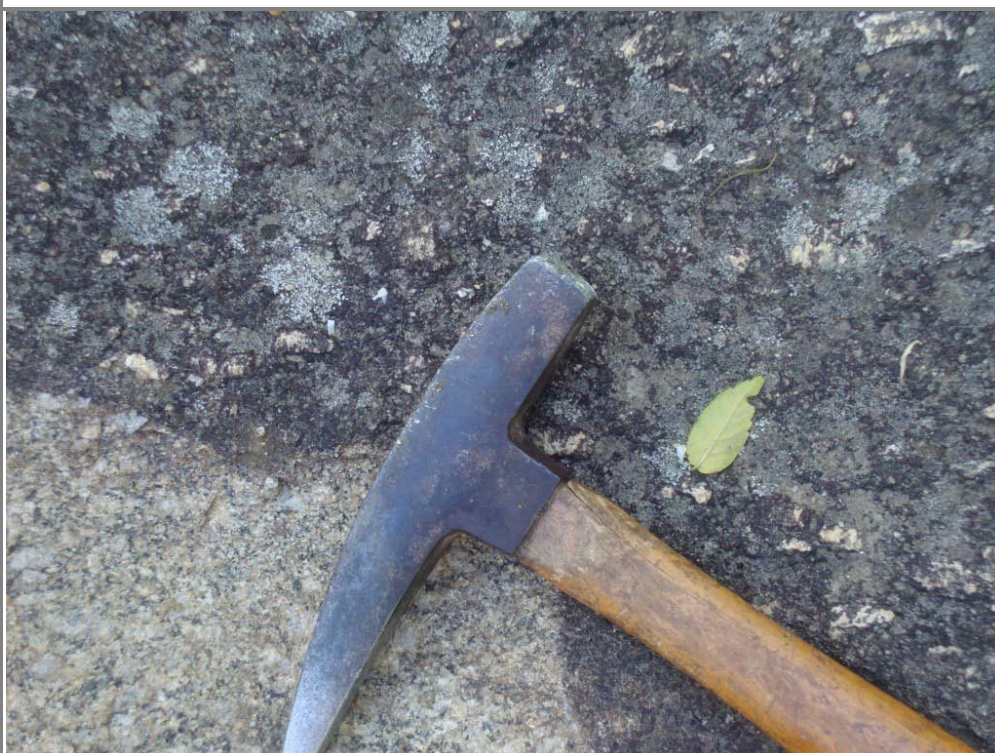


Figura 10.2-14: Detalhe da litologia granítica equigranular condizente ao embasamento do setor do modelado em consideração (ponto STMM-3).




| <b>FICHA DE AVALIAÇÃO DA INSTABILIDADE POTENCIAL DO RELEVO</b>   |   |
|--|---|
| <b>Identificação do Ponto</b><br><br>STMM-4  | <b>Coordenadas (UTM - SAD69-24S)</b><br><br>361658 (E) – 7755654 (N)                    |
| <b>Grau de Instabilidade Potencial</b><br><br>Fraca  |   |
| <b>Clinometria</b><br><br>15-30%   | <b>Material Superficial</b><br><br>Cambissolo Distrófico                                |
| <b>Uso do Solo</b><br><br>Vegetação em Estágio Médio de Regeneração  | <b>Morfologia/Domínio de Fluxos</b><br><br>Convexo-Retilínea/Mesodispersor Longitudinal |
| <b>Densidade de Drenagem Pluvial</b><br><br>10-20 m/Km <sup>2</sup>  | <b>Morfodinâmica</b><br><br>Erosão Laminar  |
|   |   |
| <p>Figura 10.2-15: Perspectiva geral do ponto de encosta STMM-4 em avaliação na Subunidade Topomorfológica Morro do Macaco. Constata-se a presença de vegetação em estágio médio de regeneração conjugada a setor do modelado de suave clinometria. A determinação do referido ponto como fraca instabilidade potencial possui forte correlação com os aspectos ambientais ora verificados, principalmente em função de sua morfologia mesodispersora de fluxos em associação ao uso do solo e clinometria. Tais observações corroboram os valores de pesos extraídos e aplicados na modelagem, não ocorrendo destaque de um ou alguns elementos sobre os demais, o que demonstra boa integração entre os mesmos no âmbito da modelagem.</p> |   |





Figura 10.2-16: Cambissolo Distrófico de textura areno-argilosa concernente ao ponto em avaliação STMM-4. Nota-se a presença de raízes (pontos em azul) na porção central do perfil e de serrapilheira (ponto em vermelho) cobrindo o horizonte O, contribuindo para a estabilidade do perfil frente aos processos geomorfodinâmicos.



Figura 10.2-17: Detalhe de bloco de rocha granítica pouco alterada, condizente ao substrato litológico do ponto STMM-4 em avaliação. Destaca-se a textura grosseira atrelada a fenocristais de feldspato potássicos de coloração clara.



| <b>FICHA DE AVALIAÇÃO DA INSTABILIDADE POTENCIAL DO RELEVO</b> |                                      |
|--|--------------------------------------|
| <b>Identificação do Ponto</b>                                  | <b>Coordenadas (UTM - SAD69-24S)</b> |
| STMM-5   | 361606 (E) – 7754997 (N)             |
| <b>Grau de Instabilidade Potencial</b>                         |                                      |
| Fraquíssima  |                                      |
| <b>Clinometria</b>   | <b>Material Superficial</b>          |
| < 15%  | Neossolo Flúvico                     |
| <b>Uso do Solo</b>   | <b>Morfologia/Domínio de Fluxos</b>  |
| Edificações e Vias de Circulação                               | Côncavo-Convexa/<br>Hipodispersor    |
| <b>Densidade de Drenagem Pluvial</b>                           | <b>Morfodinâmica</b>                 |
| 30-40 m/Km <sup>2</sup>  | Erosão Linear                        |



Figura 10.2-18: Visada do ponto de avaliação STMM-5 (seta em vermelho) condizente a instabilidade potencial fraquíssima. Constata-se na Figura a presença de vias de circulação estabelecidas sobre seção de relevo de suave clinometria e geometria côncavo-convexa, denotando hipodispersão de fluxos superficiais e subsuperficiais. Assim, predomina no citado setor o processo de erosão laminar, potencializado em função da considerável exposição das camadas superficiais do solo aos agentes pluvioerosivos. A determinação do referido ponto como de fraquíssima instabilidade potencial se deve a forte influência (peso) dada na modelagem a clinometria do terreno e, em menor grau, com os aspectos condizentes a ocorrência de Neossolo Flúvico Distrófico.





Figura 10.2-19: Perfil de solo Neossolo Flúvico distrófico apresentando horizonte textural composto por materiais argilo-arenosos. Quando expostos aos agentes pluvioerosivos, tais materiais se apresentam comumente friáveis.



Figura 10.2-20: Ocorrência de sulcos erosivos (pontos em vermelho) em função da exposição do solo a ação erosiva das chuvas condicionadas pelas intervenções antrópicas no ponto em questão (STMM-5).

### 10.3 SUBUNIDADE TOPOMORFOLÓGICA JOANA D'ARC-MULEMBÁ

A Subunidade Topomorfológica Joana D'Arc-Mulembá circunscreve-se a uma área de aproximadamente 1 Km<sup>2</sup>, localizada na porção Norte da Unidade Topomorfológica Tabuazeiro. O padrão de conformação geométrico das vertentes se apresenta fundamentalmente composto por morfologias convexas relacionadas a frentes de interflúvios cotejadas por feições côncavas concernentes a fundos de vale e canais de drenagem pluvial.

Com relação às unidades de relevo, observa-se de modo mais amplo a ocorrência de morrotes e colinas, escalonados e descontínuos, sendo tais fatos derivados da atuação de processos geopedogenéticos recentes associados a um moderado controle litoestrutural.

A amplitude das formas é representada por valores máximos que atingem 65 m e mínimos próximos a 5 m, denotando, assim, a prevalência de feições de menor expressão topográfica espacial em relação às demais Subunidades. O valor médio referente ao comprimento de rampa gira em torno de 336 m, o que de certo modo possui forte correlação com os demais aspectos morfométricos inerentes às feições de relevo presentes.

Predominam valores clinométricos entre 30% e 45%, especialmente distribuídos nos terços superiores e médios das vertentes. Tal fato denota aos setores em questão, considerável estabilidade dos materiais superficiais em associação a baixas velocidades de fluxos d'água, tanto superfície como em subsuperfície.

Sustentam tais valores clinométricos, materiais superficiais de características distintas, tendo assim maior expressão à ocorrência de Cambissolo Distrófico em associação a Caos de Blocos posicionados preferencialmente nos terços médios e inferiores das vertentes. Os Neossolos Litólico e Flúvico Distróficos também se fazem representar, porém, de modo mais restrito aos terços superiores - em associação a ocorrência de *free faces* e *tor's* - e inferiores das vertentes, respectivamente.



A gênese e o comportamento morfodinâmico de tais materiais sofreram e sofrem consideráveis influências das condicionantes geoambientais, em especial no que condiz a herança dos aspectos de cunho litoestrutural e dos modos de uso e ocupação do solo, historicamente definidos para a Subunidade em análise. A Figura 10.3-1 ilustra tais aspectos e condicionantes referentes ao modelado em questão.

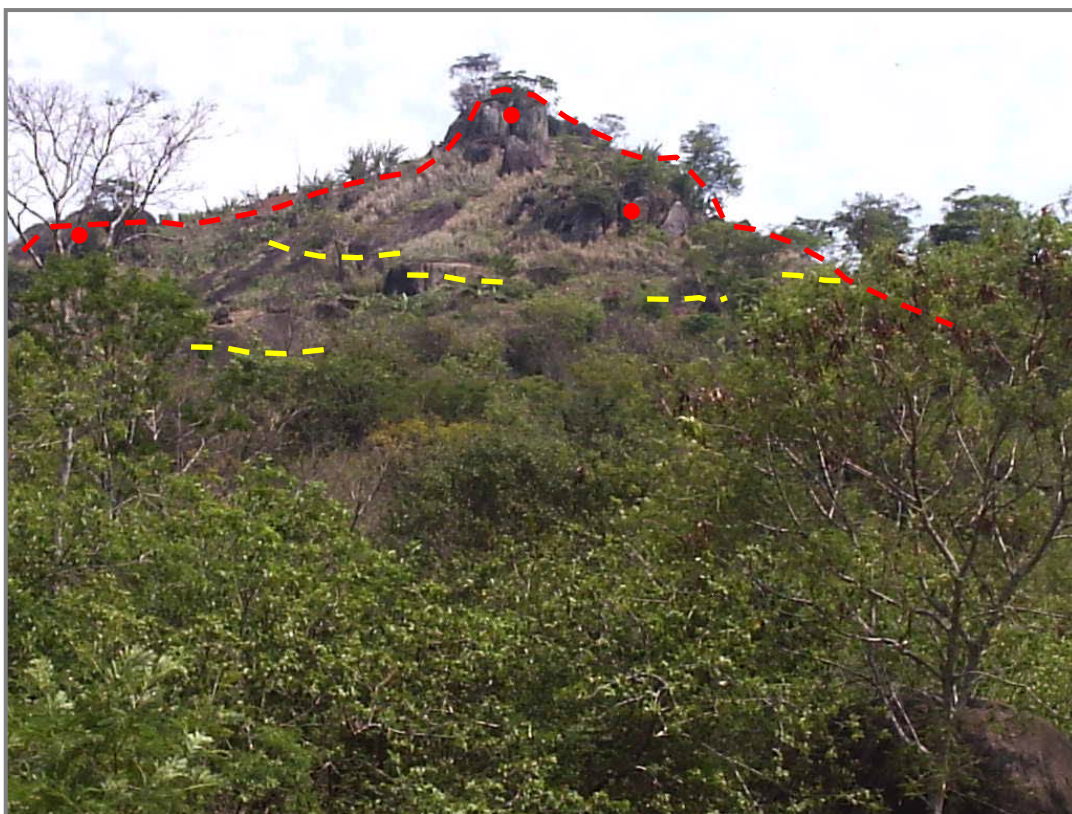


Figura 10.3-1: Paisagem composta por topos geométricamente irregulares associado à *tor* dômico (ponto em vermelho), denotando moderado controle estrutural e hidrodinâmica de superfície complexa (linha em vermelho). As linhas em amarelo se referem aos afloramentos rochosos bastante peculiares à subunidade em questão, sendo estes caracterizados por *free faces* presentes nos terços superior e médio da referida vertente. Constata-se sobre estes a inexistência de cobertura vegetal, o que corrobora para com a intensificação dos processos erosivos, tanto de cunho laminar como linear.

As tipologias vegetacionais mais representativas para a Subunidade Topomorfológica Joana D’Arc-Mulembá, condiz à fragmentos de vegetação de Mata Atlântica em estágio inicial de regeneração, assim como de macegas e pastagens, denunciando, contanto, forte antropização do meio ora abordado.

Tanto a degradação, como a supressão parcial da vegetação dos terços superiores e médios das vertentes que fazem limite ao Vale do Mulembá-Conquista, está relacionada de forma direta ao desenvolvimento de atividades rurais de cunho agropastoris, como a criação de bovinos.

Contanto, no que condiz a vegetação presente nos terços superiores, médios e inferiores do relevo da referida Subunidade Topomorfológica, esta é composta de forma majoritária por macega e pastos associados a fragmentos em estágio inicial de regeneração, como pode ser observado na Figura 10.3-2.



Figura 10.3-2: Panorama geral da composição vegetacional predominante na Subunidade Topomorfológica Joana D'Arc-Mulembá. Observa-se forte degradação/supressão da vegetação nos terços superior e médio em contraposição ao inferior mais preservado.

A possível ocorrência de fenômenos geomórficos indesejáveis como: deslizamentos, quedas de blocos etc, possui forte ligação com sobreposição temporal e espacial de formas de uso e ocupação do solo, das quais resulta como característica principal a inexistência de cobertura vegetal em estágio médio e avançado de regeneração nos terços superiores do modelado condizente à Subunidade em questão.



A degradação pontual (localizado) da vegetação no Vale do Mulembá-Conquista, é em certa parte derivada da dinâmica constante, porém artesanal, da histórica exploração/retirada de argila destinada para a fabricação de Panelas de Barro pela comunidade de Paneleiras localizada no bairro Goiabeiras em Vitória, como exemplificado na Figura 10.3-3.



Figura 10.3-3: Evidências de remoção artesanal de argilas depositadas no Vale do Mulembá-Conquista. Esta é empregada na fabricação de painéis de barro por comunidades tradicionais localizadas nas proximidades de tal setor.

O processo de remoção indiscriminada da vegetação nas áreas mais altas, associado aos elementos e atividades elencados acima, colaboram de forma decisiva para a ocorrência de fenômenos relacionados a movimentos de massas e inundações, visto o aumento teórico do escoamento superficial em detrimento a diminuição do volume de água que infiltra e permanece nos solos, atenuando os efeitos erosivos. Ainda no que se refere às formas de uso e ocupação do solo, faz-se importante registrar a disposição das vias de circulação, principalmente nos terços médios e inferiores, visto que estas seguem de forma preferencial a conformação dos fundos de vales como ilustrado na Figura 10.3-4.



Figura 10.3-4: Perspectiva geral das tipologias de uso e ocupação do solo desenvolvidas nas encostas e fundos de vale da Subunidade Topomorfológica Joana D'Arc-Mulembá. Nota-se, no segundo plano da Figura, a disposição das edificações e vias de circulação posicionadas, preferencialmente, nos terços médios e inferiores das vertentes (pontos em vermelho e amarelo, respectivamente), assim como nos setores do modelado condizentes a canais de drenagem pluvial. Tal configuração interfere de modo substancial na dinâmica de fluxos hídricos e de materiais, tanto em superfície como em subsuperfície.

No que condiz aos aspectos morfológicos, os topos se apresentam, de forma geral, convexos, descontínuos e desnivelados, conformados por linhas majoritariamente assimétricas, o que indica forte controle estrutural. A presença de *tor's* granodioríticos relacionados à *free faces* de forte clinometria é bastante comum nas linhas de cumeadas da Subunidade Topomorfológica Joana D'Arc-Mulembá, como pode ser constatado exemplarmente na figura 10.3-5.



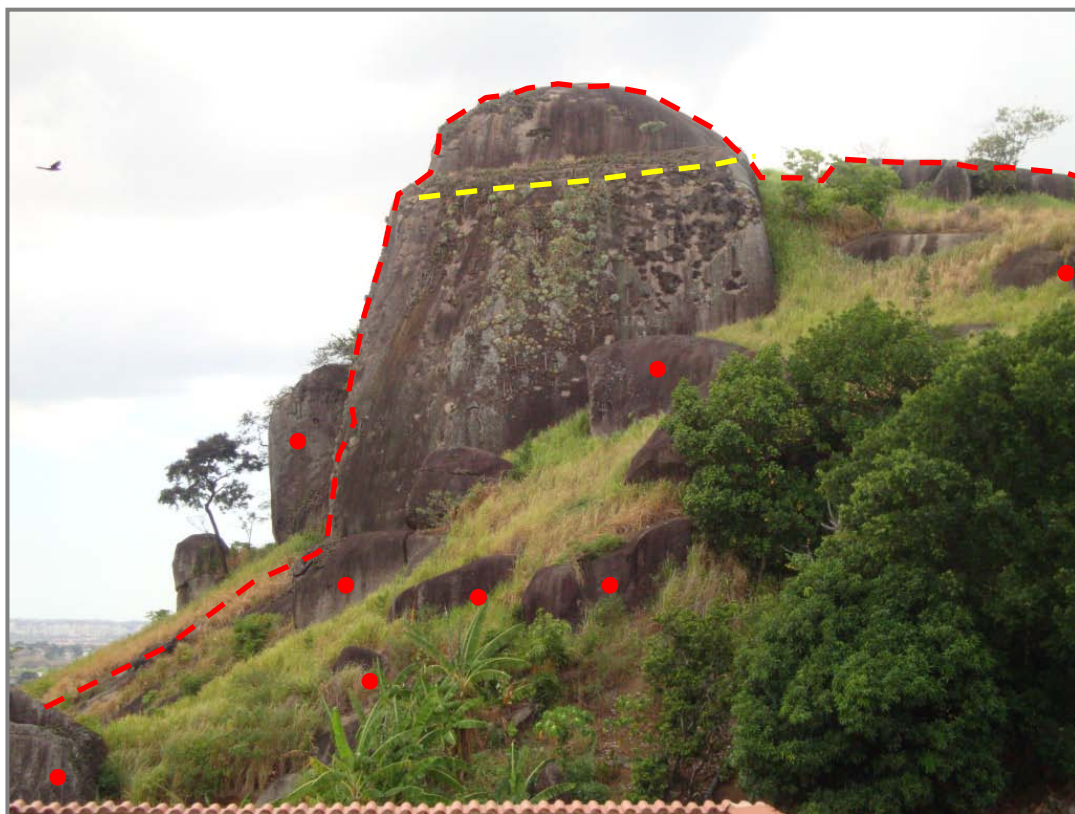


Figura 10.3-5: Paisagem composta por topo geometricamente irregular associado à *tor dômico* (ponto em vermelho), denotando moderado controle estrutural e hidrodinâmico de superfície complexa (linha em vermelho). As linhas em amarelo se referem aos afloramentos rochosos bastante peculiares à subunidade em questão, sendo estes caracterizados por *free faces* presentes nos terços superior e médio da vertente. Constata-se, sobre estes, a inexistência de cobertura vegetal, o que corrobora para com a intensificação dos processos erosivos, tanto de cunho laminar como linear.

Esta Subunidade apresenta as menores cotas altimétricas, configurando uma paisagem mais “desgastada” ou rebaixada topograficamente em relação às demais.

Toma destaque em relação à morfologia dos terços superiores, formas policonvexas e retilíneo-convexas com significativa ocorrência de feições do tipo côncavo-convexas (tipo 7), conformando certa complexidade em relação aos domínios de fluxos subsuperficiais e superficiais. Em tese, a presença considerável de feições hipoconcentradoras em posições topograficamente elevadas, implicaria numa discreta diminuição da influência do domínio hiper dispersivo, visto a diminuição da quantidade de água que escoia pelas encostas, assim como na velocidade dos fluxos sob e subsuperfície.

Nos terços médios observa-se a ocorrência de *noses* assimétricos, associados, em certos pontos, a afloramentos rochosos conformando *free faces*. Faz-se também relevante destacar a ocorrência de colúvios associados a blocos granodioríticos de tamanhos diversos e posicionados de forma caótica nas vertentes. Predomina as feições geométricas policonvexas e retilíneo-convexas, o que denota, de forma geral, domínios de fluxos hídricos ligados a hiperdispersão e mesodispersão radial, sendo estes intrinsecamente ligados a frentes de interflúvio.

De forma complementar, registra-se a ocorrência de feições do tipo 9 e 6 correlacionadas aos fundos de vale representados comumente por anfiteatros, canais de drenagem pluvial e fluvial, sendo tais feições bastante comuns no referido setor do relevo.

O registro da ocorrência de feições erosivas em sulcos pode estar diretamente relaciona a conformação geométrica das vertentes, mais especificamente no que se referem aos seus respectivos domínios de fluxos hídricos superficiais, fato que a canalização destes é condição essencial para o estabelecimento do processo de erosão linear. Contribui para tal fato a constatação da supressão da vegetação de forma considerável nos terços superiores e médios das vertentes.

Os trechos ou setores inferiores das vertentes são constituídos por rampas de colúvio relativamente curtas apresentando comprimento médio de 336 metros, a menor entre as demais Subunidades Topomorfológicas. Os fundos de vales se apresentam permanentemente entulhados por espesso material detrítico proveniente das porções mais elevadas em associação a blocos residuais de tamanhos variados e de geometrias diversas. Estes (blocos) foram originados em *situ* devido à presença marcante de lineamentos estruturais (falhas e fraturas) associados à ação prolongada dos processos intempéricos sob condições climáticas úmidas, no qual a atuação da água toma destaque.

Quanto aos aspectos geométricos, os terços inferiores se conformam por feições essencialmente policonvexas (divisores de drenagem), em contraposição ao predomínio de formas policôncavas relacionadas aos anfiteatros (Figura 10.3-6), bastante comuns na área em questão.



Figura 10.3-6: Típico anfiteatro (hollow) associado a canal de drenagem pluvial conformado geometricamente por feições policôncavas (linhas tracejadas em vermelho). Comumente se encontram preenchido por colúvios em associação a ocorrência de blocos rochosos de tamanhos variados (pontos em vermelho).

Em relação à morfologia dos canais de drenagem, estes se conformam predominantemente como pluviais abertos, associados, em sua porção mais baixa, a espessos depósitos coluvionares. Estes são constituídos de modo majoritário por feições geométricas do tipo 9 (nove) e 6 (seis), o que denota boa capacidade de coleta d'água das chuvas.

Quanto aos aspectos ligados à morfodinâmica da paisagem, sobressai-se o processo de erosão linear sobre o lâminar, sendo o primeiro recorrente aos terços superiores e médios do relevo, e o segundo mais recorrente em cabeceiras de drenagem e canais pluviais.

O valor da densidade de canais pluviais se apresenta predominantemente com valores entre 10-20 m/Km<sup>2</sup>, o que denota fraco a moderado grau de dissecação relevo.

Os depósitos acumulativos se restringem a ocorrência de materiais oriundos de eventos pluviométricos de forte intensidade (enxurradas) retirados das porções mais elevadas do relevo através do escoamento em lençol e precipitados, preferencialmente, nos fundos de vale ou e em anfiteatros próximos a base das vertentes.

Com relação aos resultados auferidos na modelagem da instabilidade potencial do relevo (CIPRE), observa-se, para a Subunidade em questão, a prevalência das classes de forte, média e baixa instabilidade potencial do relevo.

As classes condizentes aos graus de fortíssima e baixíssima instabilidade potencial se apresentam restritas a diminutos setores do modelado, principalmente no que condiz a topos de morros e morrotes policonvexos e fundos de vales conformados por geometria plana, sendo assim pouco representativos para a Subunidade em questão.

Esta configuração/distribuição dos distintos níveis de instabilidade potencial do relevo para a Subunidade Topomorfológica Joana D'Arc-Mulembá, possui forte paralelo com os pesos estabelecidos especificamente para os temas clinografia e materiais superficiais, visto que apresentam considerável correlação com as classes clinométricas atribuídas na modelagem e nas características dos materiais distribuídos sobre o modelado em análise.

As cinco fichas referentes aos pontos escolhidos para a avaliação da Subunidade Topomorfológica Joana D'Arc-Mulembá são apresentadas e discutidas a seguir.




| <b>FICHA DE AVALIAÇÃO DA INSTABILIDADE POTENCIAL DO RELEVO</b>  |   |
|---|---|
| <b>Identificação do Ponto</b><br><br>STJM-1   | <b>Coordenadas (UTM - SAD69-24S)</b><br><br>362244 (E) – 7755809 (N)              |
| <b>Grau de Instabilidade Potencial</b><br><br>Fortíssima  |   |
| <b>Clinometria</b><br><br>58-70%  | <b>Material Superficial</b><br><br>Cambissolo Distrófico                          |
| <b>Uso do Solo</b><br><br>Edificações e Vias de Circulação  | <b>Morfologia/Domínio de Fluxos</b><br><br>Retilíneo-Convexa/Mesodispensor Radial |
| <b>Densidade de Drenagem Pluvial</b><br><br>20-30 m/Km <sup>2</sup>   | <b>Morfodinâmica</b><br><br>Erosão Laminar/Escorregamento                         |
|    |   |
| <p>Figura 10.3-7: Visada de jusante do ponto de fortíssima instabilidade potencial do relevo considerado para avaliação (STJM-1). Neste observa-se a ocorrência de diminuto deslizamento de solo em função das intensas chuvas ocorridas no mês de Novembro de 2009. Trecho do modelado fortemente antropizado, concernente a vias de circulação sem saída. Observa-se, também, a forte clinometria do ponto associado à espessa camada pedológica capeando embasamento litológico (ponto em vermelho). A indicação como ponto de instabilidade potencial fortíssima faz boa correlação com todos os aspectos geoambientais registrados para o mesmo, corroborando com os pesos estabelecidos para cada tema e níveis de importância mútua suas respectivas classes, demonstrando, assim, certo equilíbrio entre os elencados na construção da CIPRE.</p> |   |

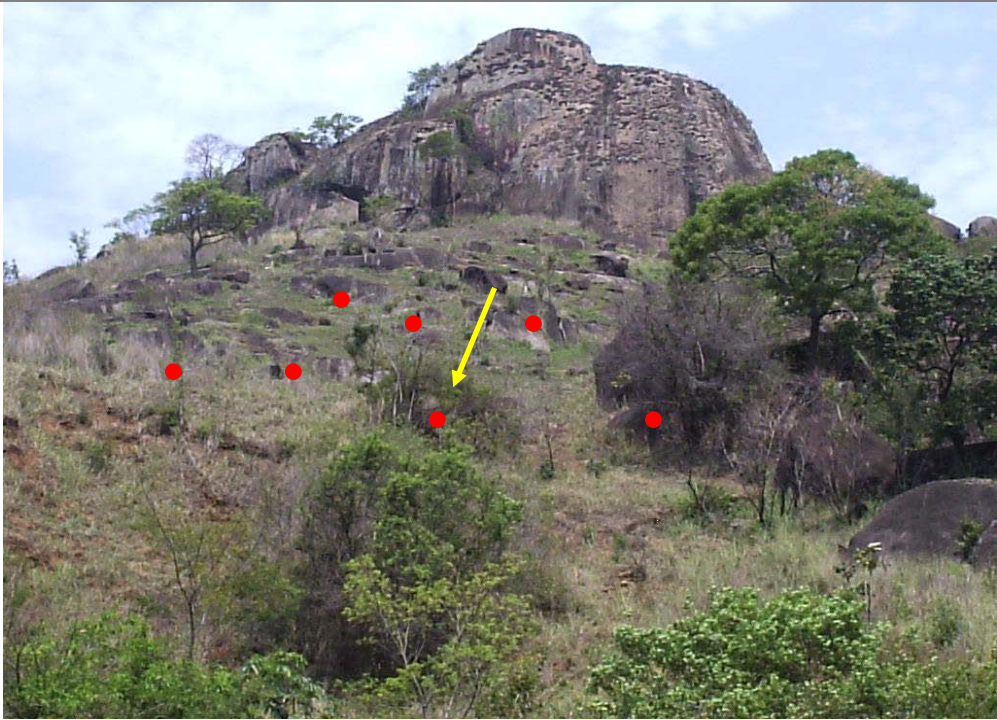




Figura 10.3-8: Detalhe do embasamento geológico condizente ao ponto de avaliação STJM-1 representado por granito porfiróide, apresentando fenocristais de feldspato potássico fortemente orientados. Nota-se provável Inferência de contato litológico entre o granito (a acima da linha tracejada em vermelho) e granodiorito de coloração mais escura (abaixo da linha tracejada em vermelho).



Figura 10.3-9: Perspectiva lateral da feição/cicatriz de deslizamento constituída por materiais areno-argilosos aparentemente friáveis. Observa-se forte clinometria do talude provavelmente condicionada por intervenção antrópica. A presença de muros de arrimo (setas em vermelho) corrobora com a indicação de forte instabilidade para o setor em questão.

| <b>FICHA DE AVALIAÇÃO DA INSTABILIDADE POTENCIAL DO RELEVO</b>  |   |
|---|---|
| <b>Identificação do Ponto</b>   | <b>Coordenadas (UTM - SAD69-24S)</b>          |
| STJM-2  | 362445 (E) – 7756208 (N)                      |
| <b>Grau de Instabilidade Potencial</b>  |   |
| Forte   |   |
| <b>Clinometria</b>  | <b>Material Superficial</b>                   |
| 58 – 70%  | Caos de Blocos Associados à Neossolo Litólico |
| <b>Uso do Solo</b>  | <b>Morfologia/Domínio de Fluxos</b>           |
| Macega  | Convexo-Retilínea/Mesodispersor Longitudinal  |
| <b>Densidade de Drenagem Pluvial</b>  | <b>Morfodinâmica</b>                          |
| 20-30 m/Km <sup>2</sup>   | Erosão Linear/Ravinamentos                    |
|    |   |
| <p>Figura 10.3-10: Setor de vertente (seta em amarelo) referente ao ponto STJM-2, caracterizado de acordo com os resultados apresentados pela CIPRE como de forte instabilidade potencial. O referido ponto apresenta acentuado valor clinométrico sustentado por materiais geopedológicos condizentes a caos de blocos associados à Neossolo Litólico Distrófico, denotando assim certa fragilidade de estrutura superficial em frente aos agentes geomorfodinâmicos atuantes. Com relação ao conjunto de fatores ambientais considerados, tal resultado se encontra fortemente correlacionado com os pesos estabelecidos para a clinografia, uso do solo e densidade de drenagem pluvial.</p> |   |



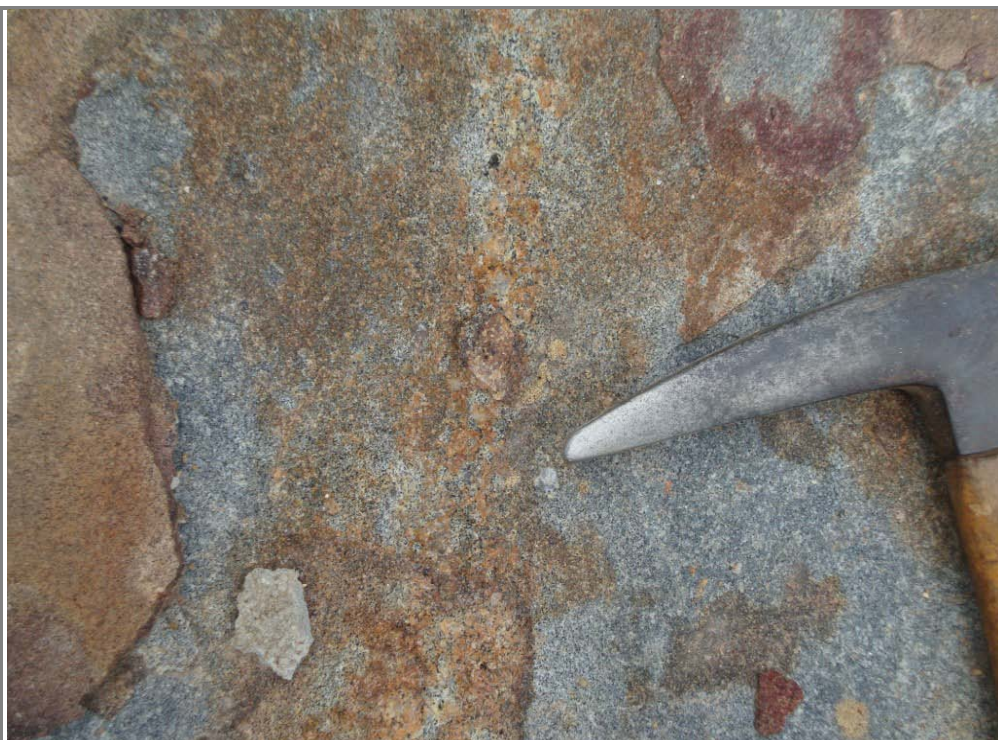


Figura 10.3-11: Visada de detalhe do embasamento litológico condizente ao setor do modelado em avaliação (ponto STJM-2). Trata-se de litologia granodiorítica de textura fina equigranular apresentado diminutos minerais de tonalidade acinzentada.



Figura 10.3-12: Perspectiva de detalhe de fina camada de Neossolo Litólico Distrófico de textura areno-argilosa, assentado sobre litologia recorrente no ponto avaliado (STJM-2).


| <b>FICHA DE AVALIAÇÃO DA INSTABILIDADE POTENCIAL DO RELEVO</b>  |   |
|---|---|
| <b>Identificação do Ponto</b><br>STJM-3   | <b>Coordenadas (UTM - SAD69-24S)</b><br>362346 (E) – 7756041 (N)                    |
| <b>Grau de Instabilidade Potencial</b><br>Média   |   |
| <b>Clinometria</b><br><15%  | <b>Material Superficial</b><br>Cambissolo Distrófico                                |
| <b>Uso do Solo</b><br>Edificações e Vias de Circulação  | <b>Morfologia/Domínio de Fluxos</b><br>Convexo-Retilínea/Mesodispersor Longitudinal |
| <b>Densidade de Drenagem Pluvial</b><br>20-30 m/Km <sup>2</sup>   | <b>Morfodinâmica</b><br>Erosão Laminar  |
|    |   |
| <p>Figura 10.3-13: Perspectiva geral do ponto de avaliação considerado (STJM-3) referente ao setor do modelado ocupado por via de circulação (lado esquerdo da Figura) transpondo de modo perpendicular a camada de Cambissolo Distrófico (lado direito da Figura). Os valores clinométricos se conformam bem suaves em associação à morfologia convexo-retilínea, condicionando, desta forma, ao domínio de fluxos hídricos e de materiais superficiais de caráter mesodispersor longitudinal. A classificação do referido ponto como de média instabilidade potencial, não destaca forte correlação com um ou alguns fatores/temas em específico, mas sim com o seu conjunto empregados na construção da CIPRE.</p> |   |





Figura 10.3-14: Perfil de Cambissolos Distrófico próximo ao ponto de monitoramento STJM-3. Consta-se composição textural do horizonte B formado por materiais areno-argilosos que, quando expostos diretamente aos agentes pluvioerosivos, apresentando-se moderadamente friáveis.



Figura 10.3.15: Ocorrência de fragmentos de rocha granodiorítica pouco alterada em meio e perfil de Cambissolo Distrófico, denotando assim fraca evolução dos processos pedogenéticos. Tal peculiaridade pedológica evidencia a moderada atuação dos agentes intempéricos na pedogenização do substrato rochoso, condicionando, o perfil em questão, a maior instabilidade de seus materiais constituintes frente aos fluxos hídricos subsuperficiais, o que, em tese, pode ocasionar fácil desagregação e erosão dos mesmos.


| <b>FICHA DE AVALIAÇÃO DA INSTABILIDADE POTENCIAL DO RELEVO</b>   |  |
|--|--|
| <b>Identificação do Ponto</b><br>STJM-4  | <b>Coordenadas (UTM - SAD69-24S)</b><br>362078 (E) – 7756197 (N)                 |
| <b>Grau de Instabilidade Potencial</b><br>Fracas   |  |
| <b>Clinometria</b><br>15-30%   | <b>Material Superficial</b><br>Caos de Blocos Associados à Cambissolo Distrófico |
| <b>Uso do Solo</b><br>Vegetação em Estágio Inicial de Regeneração  | <b>Morfologia/Domínio de Fluxos</b><br>Côncavo-Convexa/Hipodispersor             |
| <b>Densidade de Drenagem Pluvial</b><br>20-30 m/Km <sup>2</sup>  | <b>Morfodinâmica</b><br>Erosão Linear/Ravinamentos                               |
|   |  |
| <p>Figura 10.3-16: Perspectiva geral do setor de encosta avaliado (seta em amarelo, primeiro plano da Figura) condizente ao ponto STJM-3. Nota-se morfologia (linha tracejada em vermelho) atrelada à dinâmica hipodispersiva de fluxos. Ocorre associada à vegetação em estágio inicial de regeneração a presença de macegas perpassadas por vias de circulação e trilhas utilizadas por moradores e visitantes do Vale do Mulembá. Após a verificação dos elementos constituintes do ponto STJM-4, fica notório que a sua classificação como de fraca instabilidade potencial não põem em destaque um ou alguns aspectos ou fatores em específico, mas sim o seu conjunto composto pela análise de modo integrado.</p> |  |





Figura 10.3-17: Ocorrência de bloco de rocha granodiorítica de dimensão métrica no ponto de avaliação STJM-4 apresentando morfologia predominantemente subangulosa a arredondada. Estes se encontram atrelados no ponto em questão a Cambissolo Distrófico.



Figura 10.3-18: Perspectiva de detalhe de setor próximo ao ponto em avaliação (STJM-4) onde se observa a atuação do processo erosão linear condicionado a presença de via de circulação em meio à macega.




| <b>FICHA DE AVALIAÇÃO DA INSTABILIDADE POTENCIAL DO RELEVO</b>   |  |
|--|--|
| <b>Identificação do Ponto</b><br>STJM-5  | <b>Coordenadas (UTM - SAD69-24S)</b><br>362181 (E) – 7756347 (N) |
| <b>Grau de Instabilidade Potencial</b><br>Fraquíssima  |  |
| <b>Clinometria</b><br>< 15%  | <b>Material Superficial</b><br>Neossolo Flúvico Distrófico       |
| <b>Uso do Solo</b><br>Vegetação em Estágio Inicial de Regeneração Associada à Via de Circulação  | <b>Morfologia/Domínio de Fluxos</b><br>Retilínea/Neutro          |
| <b>Densidade de Drenagem Pluvial</b><br>10-20 m/Km²  | <b>Morfodinâmica</b><br>Erosão Linear/Ravinamentos               |
|   |  |
| <p>Figura 10.3-19: Perspectiva do ponto de avaliação STJM-1 referente à fraquíssima instabilidade potencial do relevo, conformado por morfologia essencialmente retilínea de suave inclinação. Além do diminuto valor clinométrico apresentado pelo referido setor do modelado, temos na tipologia de solo recorrente (Neossolo Flúvico Distrófico) e na densidade de drenagem pluvial fatores de forte correlação na definição de tal grau de instabilidade potencial, fato, porém, não aplicável no que condiz à tipologia de uso e ocupação do solo presente.</p> |  |



Figura 10.3-20: Setor do modelado em avaliação (ponto STJM-5) apresentando predomínio de processos acumulativos associados a canais pluviais e fluviais temporários.



Figura 10.3-21: Detalhe de perfil de Neossolo Flúvico Distrófico condizente ao ponto STJM-5. Nota-se, quanto à constituição do perfil, o predomínio de materiais argilo-arenosos associados à densa rede radicular arbórea, corroborando para estabilização dos materiais constituinte do perfil.

## **11 ALGUMAS CONTRIBUIÇÕES DA CIPRE PARA O PLANEJAMENTO FÍSICO-TERRITORIAL URBANO DA ÁREA DE ESTUDO**

As inúmeras dificuldades referentes ao enfrentamento dos problemas sócio-ambientais por parte das instituições públicas responsáveis e pela sociedade como um todo, é, nos dias atuais, ponto de calorosa discussão em diversos meios, principalmente no que se refere às possíveis medidas a serem tomadas hoje e num futuro próximo. Estas, ao nosso entender, devem abordar proposições de resoluções que ao menos amenizem as conseqüências ambientais negativas advindas da falta de planejamento físico do uso do território, principalmente no que condiz à implantação ou expansão de sítios urbanos em áreas ou setores do relevo consideradas ambientalmente frágeis ou vulneráveis a certas atividades antrópicas.

Diversos problemas relacionados à preservação, proteção e conservação da qualidade ambiental, tanto no meio urbano como no meio rural, residem, fundamentalmente, na questão dos conflitos de interesses existentes entre diversos componentes do corpo social, sendo estes compostos por muitos indivíduos, associações e corporações que visam comumente empregar distintos fins de uso e ocupação sobre um determinado meio geobiofísico.

Tal embate, consubstanciado nas sucessivas modificações históricas empregadas pela sociedade pós-moderna na paisagem dita “natural”, tem em sua gênese o confronto de percepções, idéias e intenções, muitas das vezes antagônicas quanto aos usos a serem dados ao substrato físico. Isto provoca diferenças concretas na conformação de determinada paisagem, elemento este fundamental da composição e configuração do espaço geográfico, fundado no dueto indissociável composto pela natureza e a sociedade.

O processo de sucessão de diversos modos de uso e ocupação do solo desenvolvidas e empregadas através do tempo pela sociedade, vem a refletir direta e/ou indiretamente sobre a dinâmica do meio natural, alterando-o em certos casos positivamente e em outros negativamente. A Unidade Topomorfológica Tabuazeiro,

representada por seu todo orgânico e indiviso de aspectos e características abióticas, bióticas e antrópicas, não foge a regra em relação aos problemas mais comuns encontrados no meio urbano das grandes cidades do Brasil, onde se desvelam, em sua grande maioria, mais problemas do que benefícios frente aos distintos usos propostos ao território e seus recursos geobiofísicos.

A característica fundamental em relação aos diversos problemas observados na área de estudo perpassa pela questão da diversidade de modos de uso e ocupação do solo impostos ao relevo local. Sobre e neste relevo, encontram-se de maneira peculiar atividades pontuais e difusas de cunho essencialmente rural em plena co-existência (diga-se de passagem, não muito harmoniosa) com a dinâmica de produção e reprodução do espaço urbano e suas atividades derivadas. Estas são representadas, comumente, pelo estabelecimento de residências, comércios, escolas, hospitais, vias de circulação etc.

Tal conjunto de características da área de estudo em questão denota sua complexidade frente a uma abordagem de estudo de cunho socioambiental, visto que este (conjunto) se conforma por um único mosaico de distintas peculiaridades e aspectos geobiofísicos entrelaçados por modos de uso, ora sobrepostos, ora sucessivos, principalmente ao longo dos últimos seis decênios.

Com relação aos problemas observados na totalidade da Unidade Topomorfológica Tabuazeiro, podemos destacar como pontos que merecem atenção por parte da sociedade e dos órgãos de controle ambiental e de planejamento urbano os seguintes tópicos:

- Supressão indiscriminada da vegetação para fins ligados a construção civil e outros;
- Degradação da vegetação praticada por moradores;
- Presença de atividades ligadas á pecuária extensiva, vizinhas a áreas de preservação permanente;
- Ocupação “desordenada” das vertentes de forte valor clinométrico;
- Lançamento de efluentes domésticos a céu aberto e de matérias sólidos inorgânicos nas encostas; e



- Re-afeiçãoamento/corte de taludes e de encostas com fins de retirada de materiais para a construção civil e para o estabelecimento de logradouros e vias de circulação.

Em relação aos problemas acima citados, a análise integrada da CIPRE pode auxiliar de maneira substancial a tomada de decisão dos pensadores e planejadores responsáveis pelas questões do meio urbano, em todas as esferas governamentais (Municipal, Estadual e Federal). Tal auxílio se dá na fundamentação técnico-científica de propostas de intervenção sobre os problemas já existentes, bem como na prevenção de futuras catástrofes socioambientais que possam ocorrer em função de fatores naturais e do uso “desordenado” dos recursos naturais, em específico, no que diz ao manejo e ocupação do solo nas encostas e fundos de vale par fins habitacionais. Porém, estas devem ser balizadas no estabelecimento de premissas consideradas essências que devem estar permeadas, de acordo com o nosso entendimento, por três princípios ou questões fundamentais, sendo elas a da viabilidade econômica da intervenção, sua justiça social e sua retidão ambiental.

Quanto aos problemas relacionados à supressão da vegetação por atividades ligadas a construção civil, seria fundamental a atitude de enrijecimento da fiscalização por parte dos órgãos municipais responsáveis, visando que se faça cumprir a legislação vigente. Os setores do relevo indicados como de fortíssima e forte instabilidade potencial são comumente associados à presença de solos expostos, pastagens e/ou macegas, denotando, empiricamente, considerável fragilidade do meio em questão ou maior susceptibilidade ao desenvolvimento de processos pluvioerosivos severos que podem comprometer de modo permanente os recursos naturais remanescentes, em especial as camadas superficiais do solo.

Em associação a atuação direta da fiscalização, sugere-se o planejamento e a implantação de atividades voltadas à conscientização e à educação ambiental dos moradores pertencentes aos bairros circunscritos à área de estudo. Estas atividades devem esclarecer a relevância da preservação dos recursos naturais, a partir das peculiaridades ambientais e socioeconômicas da região. Para tal sugere a utilização de pontos de referencia para a comunicação das idéias sobre a questão ambiental

como, escolas, centros comunitários e parques municipais existentes em suas proximidades.

Essas orientações devem ser balizadas no intuito de demonstrar para a população local a importância de se preservar e de se utilizar de forma equilibrada e ordenada os recursos naturais presentes, principalmente no que se refere à relevância para todos em se manter o equilíbrio ambiental.

As idéias relacionadas à prevenção a desastres naturais, devem ser amplamente discutidas no seio das comunidades e associação de moradores, para que se inicie um processo de conscientização sobre os impactos negativos advindos de processo de intervenção não planejados sobre o meio em que vivem.

A análise da Carta de Instabilidade Potencial do Relevo pode auxiliar na elaboração e aplicação dos planos de atuação educacional e de conscientização sobre a fragilidade do meio a serem aplicados pela defesa civil municipal e estadual junto aos agentes comunitários, escolas, dentre outras organizações civis. Estes devem privilegiar áreas ou setores do modelado considerados como críticos do ponto de vista de seu uso e ocupação indicados pela CIPRE, prevenindo, atenuando, ou até mesmo evitando, ocorrência de desastres naturais (como os movimentos coletivos de massa) que possam infligir às populações ocupantes das encostas de Vitória, não apenas prejuízos materiais, mas principalmente a perda de vidas humanas.

Observa-se também em certos pontos da área de estudo a ocorrência do processo de degradação de fragmentos florestais causados, principalmente, por incêndios provocados por causas não naturais, verificados durante as visitas realizadas à campo em todas as Subunidades.



Figura 11-1: Fragmentos de vegetação completamente degradados devido ao fogo. Este fato é bastante comum na área de estudo abarcada, principalmente durante os meses mais secos do ano (inverno).

O fortalecimento das atividades de fiscalização e consolidação da APA do Maciço Central possui papel fundamental no que se refere à atenuação do problema acima relatado, visto que possibilitaria uma maior integração entre a população local à administração pública municipal, através da criação e implantação de um plano de manejo.

A elaboração de tal instrumento de gestão ambiental do território pode tomar como referencial teórico os resultados extraídos da CIPRE, visto que esta fornece indicativos sobre as áreas ou setores do relevo que se apresentam problemáticos do ponto de vista do equilíbrio dinâmico de suas constituintes geoambientais e, por consequência, de sua morfologia. Entendem-se como constituintes geoambientais relevantes para o presente estudo os aspectos morfométricos, morfográficos, morfológicos e de uso do solo levantados e integrados no âmbito da proposta de modelagem desenvolvida.



A presença de atividades ligadas à pecuária na área em questão, como a ilustrada na Figura 11-2, principalmente pela criação de gado de forma extensiva, se encontra inserida a uma questão mais ampla, que vai além da mera constatação da necessidade econômica de manutenção de tal prática.

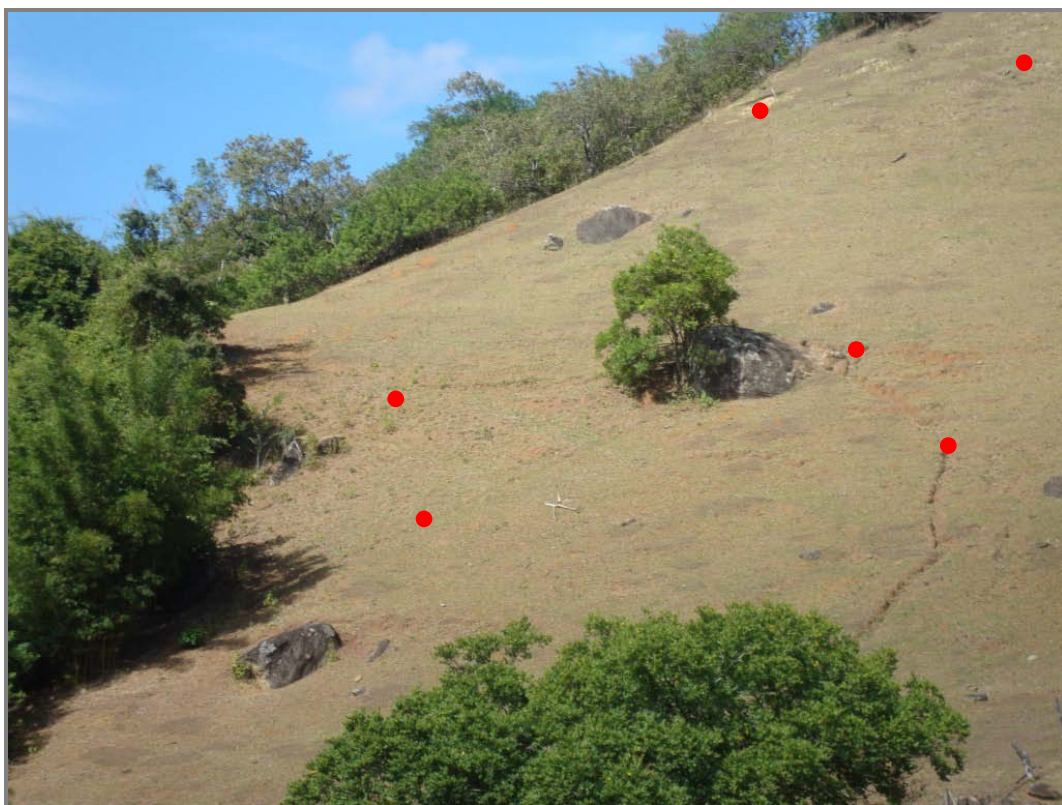


Figura 11-2: Paisagem com presença de sulcos erosivos instalados em encosta de forte valor clinométrico, relacionada ao uso do solo para atividades essencialmente agropastoris (pastagens). O solo se encontra, de forma geral, bem compactado e a ocorrência de sulcos (ponto em vermelho) se encontra ligado aos caminhos utilizados pelos animais durante seu deslocamento em busca de alimento.

Esta manutenção, considerada sob certos aspectos como legítima, muita das vezes traz prejuízos à manutenção do equilíbrio das formas de relevo, pois dela deriva-se comumente algumas adversidades geomorfodinâmicas expressas na paisagem pela intensificação dos processos erosivos atuantes de modo preferencial sobre as encostas de forte inclinação e desprovidas de extratos vegetacionais arbustivos e arbóreos.

A insistência por parte de alguns proprietários em continuar desenvolvendo tal atividade está relacionada diretamente a manutenção da posse da terra em vista dos

interesses sinalizados pela administração municipal em relação à regularização e desapropriação de algumas glebas ou áreas que apresentam conflitos de uso com a perspectiva preservacionista e/ou conservacionista do meio ambiente como ilustra a Figura 11-3.



Figura 11-3: Cena corriqueira na área de estudo onde se observa como fato comum à presença de lixo inorgânico depositado de forma inadequada e do gado pastando livremente.

Tais interesses têm como objetivo central criar áreas voltadas à preservação ambiental, em específico no que condiz a parques municipais nos domínios territoriais da APA do Maciço Central de Vitória.

A resolução deste problema é de certa maneira complexa, dependendo estritamente do acordo entre as partes no que condiz aos incentivos e/ou indenizações a serem custeadas pela interessada nas desapropriações.

Em contraposição a opção de desapropriação por base indenizatória, o que de certa maneira oneraria os cofres públicos, propõem-se aqui o estabelecimento de um

consenso entre as partes em relação às formas de uso e ocupação do solo vigente em algumas propriedades, no qual o proprietário adaptaria suas atividades à utilização dos recursos disponíveis de forma durável.

Uma das saídas para a referida situação consistiria na adequação das propriedades ao desenvolvimento de atividades ligadas ao ecoturismo, visto a rara beleza cênica presente na área em questão. Porém, tal atitude deve ser norteadas por medidas cautelosas, onde se deve prevalecer o bom senso e observação da legislação ambiental vigente para que não se crie ou se intensifique os problemas ambientais recorrentes.

Contanto, faz-se necessário, antes de tudo, convencer os proprietários de terras inseridas no contexto acima relatado da real importância em relação à mudança de atividade, ou sua ordenação, em prol do uso sustentável dos recursos naturais e do bem estar de todos.

No tocante ao processo de “ocupação desordenada” das encostas verificado em alguns pontos do Maciço Central e, por consequência, na Unidade Topomorfológica Tabuazeiro, sabe-se que este possui como fator fundamental a questão da disponibilidade física e econômica da terra vivenciados de modo marcante nos decênios de 1970 e 1980, e que se faz presente nos dias atuais.

As diversas medidas a serem tomadas em relação à mitigação dos problemas ligados a ocupação não planejada das encostas e de seus possíveis desdobramentos ambientais, configuram-se em uma série de decisões e intervenções que devem ser adotadas conforme cada caso em específico, inexistindo assim, uma fórmula válida para todas as situações encontradas, visto as diversidades naturais e artificiais presentes no meio estudado.

No caso específico da Unidade Topomorfológica Tabuazeiro, considerando suas peculiaridades ambientais e sociais, faz-se importante salientar a necessidade de uma fiscalização ou controle por parte da administração pública municipal, no que condiz ao estabelecimento de restrições à ocupação, principalmente nas porções de



excessiva clinometria da encosta, como caracterizado na Figura 11-4, de acordo com o previsto na legislação ambiental estadual e nacional.



Figura 11-4: Presença de residências frágeis do ponto de vista estrutural, posicionadas em setores de forte instabilidade potencial do relevo. Tal panorama faz-se bastante comum na área de estudo, em especial no que se referem às áreas mais altas do Morro do Macaco. Residência construída sobre talude de forte clinometria associado à deposição inadequada de lixo doméstico de caráter inorgânico (ponto em vermelho) potencializando, em conjunção às fortes chuvas, o desencadeamento de movimentos coletivos de massa. Observa-se também a presença de muro de alvenaria de fraca resistência escorado de modo precário (seta em vermelho) sobre talude abrupto.

Na verdade, deve-se promover junto aos moradores de áreas consideradas ambientalmente frágeis ou susceptíveis a instabilidade morfodinâmica que ponham em risco a sua integridade física e social, o desencorajamento em relação à ampliação dos limites de suas propriedades, apresentando propostas.

O ato de desalojar os ocupantes das áreas consideradas de risco demandaria, por parte do Estado e do Município, uma série de ações políticas e administrativas que devem ser levadas em conta, para que não ocorram problemas ainda maiores em relação ao já estabelecidos.

Todavia, há necessidade de uma presença mais efetiva por parte da administração municipal na contenção da ocupação das encostas em pontos específicos como, por exemplo, o Morro do Macaco e Vale do Mulembá-Conquista, bem como na implantação de políticas públicas voltadas à conscientização dos ocupantes quanto à importância da preservação da vegetação das camadas superficiais dos solos.

Com relação a estes aspectos de intervenção, a CIPRE poderá contribuir de modo a indiciar aos agentes planejadores os setores ou áreas do modelado que se encontram mais fragilizados do ponto de vista ambiental, tendo como aspectos norteadores a relação entre as tipologias de uso do solo em associação aos materiais superficiais e a clinometria do terreno e, em específico, no que se refere à cobertura vegetal.

A implantação de medidas relacionadas à melhoria das infra-estruturas urbanas, como a construção e manutenção de redes de esgoto, água servida, bem como de locais apropriados à destinação do lixo doméstico e industrial; são consideradas essenciais para a redução dos problemas causados pelo lançamento de efluentes domésticos a céu aberto e de matérias sólidos inorgânicos nas encostas, como exemplifica a Figura 11-5.



Figura 11-5: Foco de lançamento de esgoto residencial (círculo em amarelo) associado à deposição de resíduos diversos (seta em vermelho) sobre setor de encosta localizado no bairro Joana D'Arc.

Necessita-se, na verdade, de um plano de ação em relação à realização de obras de infra-estrutura que visem corrigir ou atenuar as necessidades de saneamento básico das populações locais, principalmente as que moram nas porções mais altas do relevo, que normalmente se encontram desprovidas de tal serviço.

Os problemas acima explanados podem ser amenizados por meio de campanhas institucionais de cunho educativo que colabore com a conscientização dos moradores em relação aos problemas ambientais causados pelo lançamento de materiais orgânicos e inorgânicos sob as encostas e rios, demonstrando a estes os diversos problemas acarretados ao meio ambiente por tal prática.

A ocupação dos fundos de vales e de outros setores do relevo onde predominam processos de deposição e concentração de materiais e fluxos d'água, implica num problema comum a todas as Subunidades Topomorfológicas, visto a dinâmica de tais ambientes e de suas respectivas "fragilidades" frente à sua ocupação.



Associa-se a tais fatos a abertura indiscriminada de caminhos ou trilhas em meio à vegetação, assim como a retirada de argilas e areias para construção civil por meio de abatimento de taludes, como exemplificada na Figura 11-6, contribuindo consideravelmente com o aumento da disponibilidade de materiais susceptíveis a erosão tanto laminar como linear.



Figura 11-6: Intervenção de remoção da vegetação e rebatimento (corte) do talude de moderada clinometria para fins de construção civil. Nota-se considerável exposição das camadas superficiais do solo potencializando a atuação dos processos pluvioerosivos sobre o mesmo.

Como proposta para mitigação dos problemas citados no parágrafo anterior, sugere-se aqui um maior controle por parte da prefeitura municipal no que se relaciona à fiscalização e cumprimento da legislação ambiental vigente quanto aos padrões de formas de uso e ocupação do solo, principalmente em áreas de proteção permanente (APP's).

Por fim, faz-se relevante esclarecer que os resultados extraídos da CIPRE devem ser utilizados no sentido de indicar, a priori, setores do modelado potencialmente vulneráveis frente à atuação constante dos processos geomorfodinâmicos naturais

em conjunto à condicionantes de cunho antrópico, sendo, portanto, necessário a investigação detalhadas dos setores de interesse para que se possa propor ações mitigadoras adequadas as peculiaridades ambientais vigentes.

## 12 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta metodológica do estudo do relevo realizada nesta dissertação teve como princípio norteador o processo de construção e análise de modelos cartográficos (mapas) referentes à Unidade Topomorfológica Tabuazeiro, dos quais serviram de subsídios para uma aproximação em relação ao seu quadro ambiental. Este fora construído dentro da perspectiva das fragilidades ambientais recorrentes à área de estudo consubstanciadas na dinâmica evolutiva das formas de relevo e de seus processos correlatos, especificamente tratados na Carta de Instabilidade Potencial do Relevo (CIPRE).

A CIPRE é fruto de uma proposta de interpretação da condição atual do relevo e de suas respectivas formas associada à dinâmica de processos operante sobre as vertentes por meio do processo de integração de aspectos fundamentais da paisagem. Estas foram caracterizadas pelo conjunto de informações de cunho morfométrico, morfográfico, morfológico e morfodinâmico, tendo a sociedade e suas relações condicionantes e condicionadas no e pelo meio geobiofísico circundante, fator de forte relevância para os resultados alcançados.

Têm-se, assim, como premissa a caracterização física do relevo determinando as possíveis tendências em relação à evolução das formas e suas respectivas respostas frente às condicionantes ambientais vigentes e as intervenções impostas pela sociedade em seu sistema subatual e contemporâneo de reprodução.

Constata-se, de modo geral, que a presença humana normalmente tem respondido pela aceleração dos processos morfogenéticos, abreviando (acelerando) a atividade evolutiva do modelado. A ação indireta do homem, ao eliminar a interface representada pela cobertura vegetal, altera de maneira substancial as relações entre as forças de ação - caracterizadas por processos morfodinâmicos e morfogenéticos - e de reação da formação superficial, gerando desequilíbrios morfológicos muito das vezes severos.

Tais desequilíbrios ou impactos ambientais se consubstanciam na paisagem através da recorrência, por exemplo, de movimentos de massa, aumento da atividade erosiva nas encostas, assoreamento de rios e canais de drenagem, entre outros; podendo atingir resultados muitas das vezes negativos ou catastróficos em relação, não somente a questão ambiental, mas também social.

As dificuldades encontradas nos dias de hoje quanto ao estabelecimento de uma compreensão mais abrangente em relação aos mecanismos naturais e artificiais envolvidos na deflagração de fenômenos geomórficos, considerados de interesse pela sociedade, repousa, fundamentalmente, sobre os diversos aspectos metodológicos empregados em inúmeras áreas do conhecimento científico. Sobre este tema, salienta-se a inexistência de uma rede concreta voltada à sistematização e propagação dos conhecimentos produzidos pelas diversas ciências que se ocupam a investigar os fatos relacionados à dinâmica evolutiva das formas de relevo. Tal fato trás dificuldades ainda maiores, principalmente no se refere à necessidade de se transpor à barreira existente entre o que se é produzida no meio acadêmico e as reais necessidades apresentadas pelas instituições responsáveis pela gestão do território.

Assim, faz-se importante ressaltar que as proposições aqui estabelecidas, bem como os resultados destas derivadas, estão diretamente relacionadas à adoção de novas metodologias e técnicas de pesquisa voltadas à transposição de algumas restrições e limites metodológicos advindos do clássico processo de fragmentação do conhecimento científico.

Em específico, tal proposta integrativa visa aproximar alguns aspectos teóricos e metodológicos no que se refere às ciências exatas, da natureza, da terra e da sociedade, das quais a Geografia “pós-moderna” e seus subcampos mantêm fortes laços.

As análises e conclusões derivadas do processo de construção e interpretação da CIPRE, associada aos demais produtos aqui desenvolvidos, consiste, na verdade, em uma tentativa de aproximação em relação ao entendimento geral do quadro físico e ambiental de uma Unidade Topomorfológica. Este indica através da

integração e valoração dos aspectos geoambientais elencados, áreas ou setores do modelado que apresentam maior ou menor potencialidade ou suscetibilidade a ocorrerem movimentos coletivos de massa e processos erosivos severos.

Ademais, faz-se relevante esclarecer que em função da seletividade dos aspectos/fatores empregados na presente proposta de modelagem, as análises e proposições aqui apresentadas não condizem, e nunca pretenderam ser, ao cenário final em relação ao estudo do meio físico-natural ora abordado. Ao contrário, as idéias e estudos aqui apresentados consistem apenas num ponto de partida para um aprofundamento e aprimoramento em relação aos métodos e técnicas utilizadas na pesquisa de instrumentos voltados a gestão ambiental do território por meio da investigação às causas dos problemas inerentes à instabilidade do relevo.

Enfim, deve-se esclarecer que o grande desafio em se desenvolver uma análise integradora do meio que abranja aspectos socioeconômicos (uso ocupação do solo) e ambientais (neste caso do relevo) reside na complexa tarefa de se propor e validar procedimentos e escolhas corretas dos mesmos, isto é, que sejam relevantes para determinado estudo.

A proposta de hierarquização e determinação das importâncias mútuas dos aspectos/fatores elencados deve possuir forte correlação com as peculiaridades socioambientais do meio em análise. Estas premissas hierárquicas e correlativas partem - ou pelo menos deveriam partir - de um conjunto de teorias e métodos já tradicionalmente difundidos nas ciências ambientais associados à prática e à subjetividade do pesquisador frente à realidade condizente a problemática abarcada. Esta realidade comumente se demonstra mais complexa do que as possibilidades e potencialidades inerentes a determinado algoritmo/modelo criado para sua investigação, o que nos leva a certo grau de incerteza ou dúvida sobre os seus resultados, o que justifica fazer-se necessário o seu desenvolvimento e avaliação continua em vista de se aproximar da realidade objetivada.

## 13 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB' SÁBER, A. N. **Um Conceito de Geomorfologia a Serviço das Pesquisas Sobre o Quaternário**. In: Geomorfologia. São Paulo: IGEOG-USP, Vol. 18, 1969. p. 01-23.

\_\_\_\_\_. **Os Domínios de Natureza no Brasil**: Potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

ABREU, A. A. de. **A Teoria Geomorfológica e sua Edificação**: Análise crítica. Revista do Instituto de Geografia, São Paulo, vol. 4, nº. 1-2, p. 5-23, 1983.

ARAUJO, G. H. de S., de ALMEIDA, J. T., GUERRA, A. J. T. **Gestão Ambiental de Áreas Degradadas**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008.

BERTONI, J., LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990.

BIGARELLA, J. J., BECKER, R.D., DOS SANTOS, G.F. **Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais**: Fundamentos geológicos, geomorfológicos, pedológicos, biológicos, climatológicos, hidrográficos, alterações do solo e do relevo. Vol.1.; Intemperismo biológico, pedogênese, laterização, bauxitização e concentração de bens minerais. Vol.2.; Processos erosivos, vertentes, movimentos de massa, atividade endógena, superfície de erosão, compartimentação do relevo, depósitos correlativos e ambientes fluviais. Vol.3.; 2. ed., Florianópolis: UFSC, 2007.

BLOOM, A. **Superfície da Terra**. São Paulo: Edgard Blücher, 1970.

BRASIL. **Código Florestal Brasileiro**. Lei n.º 4.771 de 15 de set. de 1965.

BRASIL. **Lei Federal de Parcelamento do Solo Urbano**. Lei n.º 6.766 de 19 de dez. 1979

BURTON, I. **A Revolução Quantitativa e a Geografia Teorética**. In: Boletim de Geografia Teorética, Vol. VII, n.º 13, p. 63-84, 1977.

CARVALHO, G. S. de, MINGOTI, S. A. **Manual do Usuário**: Programas para a realização da análise hierárquica. UFMG (2005). Disponível em: <http://www.san.uri.br/~pbetencourt/financas/manual%20AHP.pdf> > . Acessado em: 20 jan. 2009.

CASSETI, V. **Ambiente e Apropriação do Relevo**. 2. ed. São Paulo: Contexto, 1995. (Coleção Caminhos da Geografia).

\_\_\_\_\_. **Introdução a Geomorfologia**. Fundação de Apoio a Pesquisa – FUNAPE/UFG, 2006. Disponível em: <<http://www.funape.org.br/geomorfol.php>>. Acessado em: 05 jun. 2008.



CASTELLO, R. R., POLIDO, U. F. **As Encostas Urbanas**: Análise e proposta de metodologia para enfrentar o problema em Vitória, ES. Vitória: Fundação Ceciliano Abel de Almeida, UFES, 1986.

CAUS, F. M. **Geomorfologia do Setor Oriental do Maciço Central de Vitória**: Uma proposta de análise da Unidade Topomorfológica Tabuazeiro. Monografia (Bacharelado em Geografia) – Centro de Ciências Humanas e Naturais, UFES - Vitória, 2007, 210 p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

COELHO, M. C. N. **Impactos Ambientais em Áreas Urbanas** – In: Impactos Ambientais Urbanos no Brasil. GUERRA, A.J.T; CUNHA, S.B. (orgs.). 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. p. 19-43.

COELHO NETO, A. L. **Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia**. In: Geomorfologia: Uma Atualização de bases e conceitos. GUERRA, A. J. T; CUNHA, S.B. (orgs.). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994. p. 93-145.

COLANGELO, A. C. **A Carta de Feições Mínimas**. In: Anais do XIV Congresso Brasileiro de Cartografia, Gramado. Rio Grande do Sul: SBC, Vol. 2, 1989. p. 375-380.

\_\_\_\_\_. **O Modelo de Feições Mínimas, ou das Unidades Elementares de Relevo**: Um Suporte Cartográfico para Mapeamentos Geoecológicos. In: Revista do Departamento de Geografia, FFLCH – USP. São Paulo: Edusp, n.º 10, 1996. p. 29-40.

DE BIASE, M. A. **A Carta Clinográfica**: Os métodos de representação e sua Confecção. In: Revista do Departamento de Geografia da FFLCH da USP. São Paulo: Edusp, n.º 06. 1992. p.45-53.

DE PLOEY, J. **The Ambivalent Effects of Some Factors of Erosion**. Mém. Institute de Géologie. Universite de Louvain. Louvain, vol. 31, 1981. p.171-181.

\_\_\_\_\_. **O Estudo dos Processos Geomorfológicos e a Interpretação dos Depósitos Quaternários**. Revista do Instituto Geológico, 6(1/2), 1985. p.7-13.

DYLIK, J. **Notion du Versant en Geomorphologie**. Bulletin Academique Pol. Sci. Série des. Société de Geologie et Geographie., Vol. 16, n.º 02, 1968. p.125-132.

DOMINGUES, A. J. P. **Serra das Araras**: Os movimentos coletivos do solo e aspectos da flora. São Paulo: Revista Brasileira de Geografia, n.º 33(3), 1971. p.3-51.

DOORNKAMP, J. C; KING, C. A. M. **Numerical Analysis in Geomorphology**: An introduction. London: Edward Arnold, 1971.

ERHART, H. **La Theorie Bio-Rexistesique et les Problemes Biogeographiques et Paleobiologiques**. Soc. Biogeographie, France, CNR (288), 1956. p.43-53.

EMBRAPA, **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999.

ESPÍRITO SANTO. **Legislação Florestal do Estado do Espírito Santo**. Lei n.º 5.361, de 30 dez. 1996.

FERNANDES, N. F.; AMARAL, C. P. **Movimentos de Massa**: Uma abordagem Geológico-Geomorfológica. In: GUERRA, A.J.T; CUNHA, S. B. (orgs). Geomorfologia e Meio Ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. p. 123-194.

FLORENZANO, T. G. **Introdução a Geomorfologia**. In: FLORENZANO, T.G., (org.). Geomorfologia: Conceitos e técnicas atuais. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p.12-25.

GOMES, L. F. A. M., ARAYA, M. C. G., e CARIGNANO, C. **Tomada de Decisões em Cenários Complexos**: Introdução aos métodos de apoio multicritério à decisão. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

GOULART, A. C. O. **Condicionantes Geoambientais na Evolução do Relevo de um Maciço Costeiro**. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia Ciências Letras Humanas, Universidade de São Paulo – São Paulo, Dez 2005, 300 p.

GUERRA, A.J.T. **O Início do Processo Erosivo**. In: Erosão e conservação dos solos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 17-55.

\_\_\_\_\_. **Processos Erosivos nas Encostas**. In: Geomorfologia: Uma atualização de base e conceitos. GUERRA, A. J. T e CUNHA, S. B. (orgs.), Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994. p.149-209.

GUERRA, A. T., GUERRA, A. J. T. **Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997.

GUIDICINI G., NIEBLE, C.M. **Estabilidade Taludes Naturais e de Escavação**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1984.

HAMELIM, L.E. **Géomorphologie**: Géographie globale-géographie totale. Cahiers de Géographie de Québec, n.º 8 (16), 1964. p.199-218.

HARTSHORNE, R. **The Nature of Geography**. A.A.G, Reprint, 1958.

HORTON, R. E. **Erosional Development of Estreams and their Dranaige Basis**: Hydrophysical approach to quantitative morphology. Geol. Soc. Amarericca Bulletin, n.º 56 (3), 1945. p. 275-370.

IPES – Instituto de Pesquisas do Espírito Santo. **Anuário Estatístico do Espírito Santo**, 2009.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. **Ocupação de Encostas** – Márcio Angelieri Cunha (coord.), São Paulo: IPT, 1991.

LAKATOS, E. de M., e MARCONI, M. de A. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1991.

LIBAUT, A. **Os Quatro Níveis da Pesquisa Geográfica**. In: Métodos em Questão, Tribuna Metodológica, São Paulo: USP, Vol.1, 1971.

LIMA, F. R., MARTINELLI, M. **As Unidades Ecodinâmicas na Cartografia Ambiental de Síntese**. 1º SIMPGEO/SP, Rio Claro, 2008. p. 440-448. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/igce/simpgeo/440-448fredy.pdf>>. Acessado em: 25 mai. 2009.

MEIRELLES, M.S.P., MOREIRA, F.R., CÂMARA. **Técnicas de Inferência Espacial**. In: MEIRELLES, M.S.P, CÂMARA, G., ALMEIDA, C.M. (Edit. técnicos) Geomática: Modelos e aplicações ambientais. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2007. p.105-190.

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. **Mapa Geológico, Geomorfológico e de Solos**. Projeto RADAMBRASIL. Vol.32, Folha SF23-24. Vitória/Rio de Janeiro, Rio de Janeiro: FIBGE, 1983.

NOGUEIRA, R. E. **Cartografia**: Representação, comunicação de dados espaciais. Florianópolis: UFSC, 2008.

PALMIERI, F., LARACH, J. O. I. **Pedologia e Geomorfologia**. In: GUERRA, A.J.T e CUNHA, S. B. (orgs.). Geomorfologia e Meio Ambiente. p. 59-119. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995.

PRANDINI L.F., GUIDICINI, G., BOTTURA, J.A., PONÇANO, W.L., SANTOS, A.R. **Atuação da Cobertura Vegetal na Estabilidade de Encostas**: Uma resenha crítica. São Paulo: Instituto de pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, (relatório nº 1074), 1976.

PENTEADO, M. M. **Fundamentos de Geomorfologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1978.

ROSOT, A. **Análise da Vulnerabilidade do Manguezal do Itacobi a Ações Antrópicas Utilizando Imagens de Satélite e Técnicas de Geoprocessamento**. Cobrac 2000, UFSC. Florianópolis. Congresso Brasileiro e Cadastro Técnico Multifinalitário. 15 a 19 de Out. 2000. Disponível em: <<http://geodesia.ufsc.br/geodesia-online/arequivo/cob200.htm>>. Acessado em 14. abr. 2008.

ROSS, J. L. S. **Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados**. Revista do Departamento de Geografia da FFLCH, n.º 08. p. 3-74, São Paulo: Edusp, 1994.

\_\_\_\_\_. **Ecogeografia do Brasil**: Subsídios para planejamento ambiental. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

\_\_\_\_\_. **Geomorfologia: Ambiente e Planejamento**. São Paulo: Contexto, 1990. (Coleção Repensando a Geografia).

\_\_\_\_\_. **Geomorfologia Aplicada aos EIAs-RIMAs**. In: Geomorfologia e meio ambiente. Antônio José Teixeira Guerra e Sandra Baptista da Cunha (orgs.). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995. p. 291-337.

\_\_\_\_\_. **O Registro Cartográfico dos Fatos Geomórficos e a Questão da Taxonomia do Relevo**. In: Revista do Departamento de Geografia - FFLCH – USP - São Paulo, 1992. p. 17-29.

SAATY, T. L. **The Analytic Hierarchy Process**. New York: McGraw-Hill, 1980.

SANTOS, M. **Espaço e Método**. São Paulo: Nobel, 1985.

SCHAEFER, F. K. **O Excepcionalismo na Geografia: Um estudo metodológico**. In: Boletim de Geografia Teorética, Vol. VII, n.º 13, 5-37, 1977.

SEHAB/VITÓRIA – Secretaria Municipal de Habitação de Vitória. **Relatório das Condições de Habitação do Município de Vitória**, 2008.

SILVA, A. B. **Sistemas de Informações Geo-referenciadas: Conceitos e fundamentos**. Campinas, SP: Unicamp, 2003.

SUBTI/VITÓRIA – Subsecretaria de Tecnologia e Informação de Vitória. **Base Topográfica Digital**. (curvas com equidistância de um metro), 2001.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: SUPREN-FIBGE, 1977.

TRICART, J. **Mise em Point: L'évolution des versants**. In: L'information géographique, n.º 21, p.108-150, 1957.

UFES/MAPENCO. **Mapeamento de Trecho de Encosta no Morro do Macaco**. Relatório Técnico n.º 05/06, Vitória, Abril, 2006.

USSELMANN, P. **Comments**. Reviste Géomorphologie. Dynamarque. n.º 18 vol.4, p.151-152, 1968.

VALERIANO, M. M. **Dados Topográficos**. In: Geomorfologia: Conceitos e técnicas atuais. Teresa Gallotti Florenzano, (org.), São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p. 73-93.

VENTURI, L. A. B. **O Papel da Técnica no Processo de Produção Científica** – In: VENTURI, L. A. B. (org.). Praticando Geografia: Técnicas de campo e laboratório. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. Vol. 01, p.13-18.

VEYRET, Y., DE RICHEMOND, N.M. **Os Tipos de Riscos** – In: Os Riscos: O homem como agressor e vítima do meio ambiente (org.). São Paulo: Contexto, 2003. p.63-76.

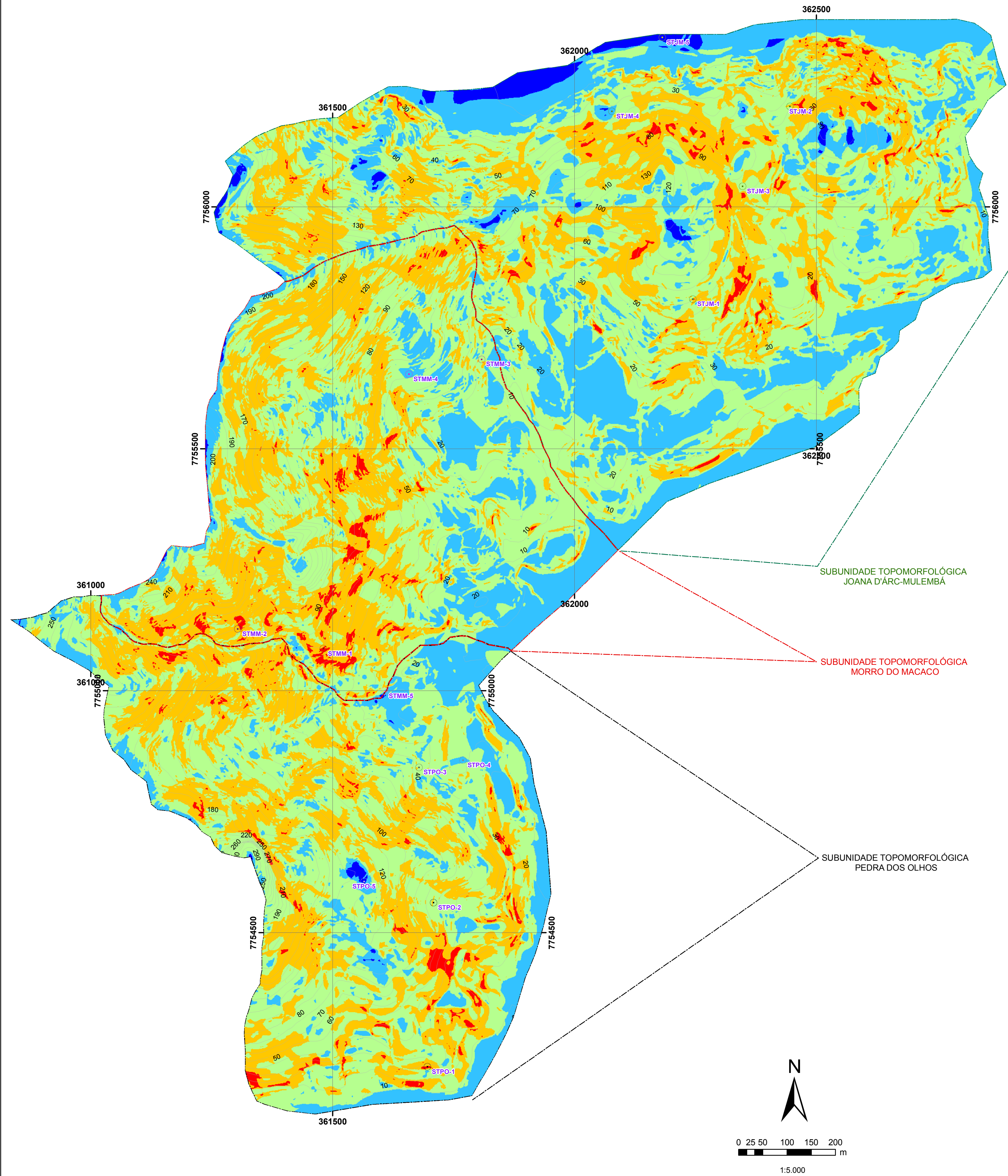
VITÓRIA. **Plano Diretor Urbano do Município de Vitória**. Lei nº 6.705 de 13-10-2006.

\_\_\_\_\_. **Mosaico Aerofotogramétrico de Vitória**, (escala 1: 8.000), 2001.

## **ANEXO I**

### **CARTA DE INSTABILIDADE POTENCIAL DO RELEVO**





INSTABILIDADE POTENCIAL DO RELEVO

Quadro Sintético dos Aspectos Geomórficos e Ambientais Condizentes a Unidade Topomorfológica Tabuazeiro e de Sua Instabilidade Potencial

| SUBUNIDADE | MORFOMETRIA   |                                |  | MORFOGRAFIA/MORFOLOGIA   |   | USO E OCUPAÇÃO DO SOLO  | MORFODINÂMICA/FISIOLOGIA DA PAISAGEM  |  |  |
|------------|---|--------------------------------|--|--|---|---|---|--|--|
|            | Clinografia (%)   | Comprimento Médio de Rampa (m) | Densidade de Drenagem Pluvial (m/Km²) Predominante | Materiais Superficiais   | Geometria Predominante (Feições Mínimas)  |   | INSTABILIDADE POTENCIAL DO RELEVO   | Processos Morfodinâmicos   | Depósito(s) Correlativo(s)   |
| I          | Predomínio do intervalo entre 30 – 45.                  | 447                            | 10-20  | Predomínio de Cambissolo Distrófico e Caos de Blocos Associados a Neossolo Litólico Distrófico.  | Policonvexa e retilíneo-convexas inerentes aos divisores de drenagem (noses). Policôncava a retilíneo-côncava relacionadas a canais de drenagem pluvial, e a feições em forma de anfiteatros (hollow's).  | Presença de fragmentos de vegetação em estágio avançado, médio e inicial de regeneração, preferencialmente posicionados no terço superior das encostas. Estes se apresentam comumente colejados por macegas, pastagens e edificações e vias de circulação, posicionados de modo preferencial no terço médio e inferior das vertentes.                                     | Predomínio de forte, média e fraca instabilidade potencial frente às demais classes.                      | Predomínio de erosão laminar no terço superior das encostas, e da erosão linear no terços inferiores.  | Depósito de enxurrada presente nos fundos de vales e anfiteatros.  |
| II         | Predomínio do intervalo entre 45 – 58 e de valores > 70 | 525                            | 20-30  | Predomínio de Cambissolo Distrófico e Neossolo Litólicos, associados à presença de Caos de Blocos, e de modo restrito, de Neossolo Flúvico Distrófico. | Policonvexa a retilíneo-convexa condizente as linhas de topo e interflúvios (noses). Policôncava e côncavo-retilínea referente a anfiteatros e canais de drenagem pluvial e fluvial efêmero.              | Presença de fragmentos de vegetação médio e inicial de regeneração, preferencialmente posicionados no terço superior das encostas. Estes se apresentam colejados por edificações e vias de circulação, além de pastagens e macegas, porém em menor proporção, sendo tais usos topograficamente recorrentes de modo preferencial nos terços médio e inferior das encostas. | Predominam as classes de forte e média instabilidade potencial do relevo em relação às demais.            | Predomínio de erosão laminar. Ocorrência efêmera de erosão linear nas vertentes. Cicatriz de escorregamento associada à dinâmica de queda de blocos.       | Depósito de enxurrada presente nos fundos de vale e anfiteatros. Ocorrência de depósitos de Escorregamentos.             |
| III        | Predomínio do intervalo entre 30 – 45                   | 336                            | 10-20  | Predomínio de Cambissolo Distrófico e de sua associação a Caos de Blocos. Presença restrita de Neossolo Litólico e Flúvico Distrófico.                 | Policonvexa a retilíneo-convexa inerente aos divisores de drenagem ou interflúvios (noses). Policôncava a côncavo-convexa, relacionadas a canais de drenagem pluvial, fluvial e a anfiteatros (hollow's). | Presença de fragmentos de vegetação em estágio avançado médio inicial de regeneração, preferencialmente posicionados no terços médios e inferiores das encostas. Associados a tais tipologias ocorre a forte presença de edificações e vias de circulação, além de pastagens e macegas ocupando preferencialmente o terço médio e inferior das encostas.                  | As classes condizentes a forte, média e baixa instabilidade potencial predominam sobre as demais classes. | Predomínio de erosão laminar associada à ocorrência efêmera de sulcos erosivos (erosão linear) sobre as vertentes de geometria essencialmente policôncava. | Depósitos de enxurrada e de colúvios presente nos fundos de vale e anfiteatros conformados por morfologias policôncavas. |

Subunidades Topomorfológicas: (I) Pedra dos Olhos - (II) Morro do Macaco - (III) Joana D'Arc-Mulembá.

LEGENDA

**Instabilidade Potencial do Relevo**

Fortíssima

Forte

Média

Baixa

Baixíssima

**Limites das Subunidades Topomorfológicas**

Pedra dos Olhos

Morro do Macaco

Joana D'Arc-Mulembá

**Localização**

**Dados Técnicos**

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR - UTM

DATUM: SAD 69 - FUSO: 24S

Meridiano Central: -39° W de Greenwich

AUTOR: FERNANDO MIEIS CAUS

INSTITUIÇÃO: UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

DATA: Dez/2009

ESCALA: 1:5.000 (UM PARA CINCO MIL)

FONTES: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA PREFEITURA MUNICIPAL DE VITÓRIA/SUBTI

**Ponto de Avaliação da CIPRE**

STPO-1

STJM-1

STPO-2

STJM-2

STPO-3

STJM-3

STPO-4

STJM-4

STPO-5

STJM-5

STMM-1

STMM-2

STMM-3

STMM-4

STMM-5

**Dados Topográficos e Altimétricos**

Curva de Nível 5x5 m

Cota Altimétrica

**ANEXO I**

**CARTA DE INSTABILIDADE POTENCIAL DO RELEVO**

**UNIDADE TOPOMORFOLÓGICA TABUAZEIRO**

**VITÓRIA - ES**